

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ МЕТАЛУРГІЇ

зрештою автоматизованого управління технологічними процесами
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

групи магістерський
(рівень вищої освіти)

ему дослідження систем управління процесом розподілу
готових матеріалів по діаметру дименої печі для чавуна
ЗНТ "Запоріжсталь"

Виконав: студент 2 курсу, групи Акіі-18-14 з
спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерна інтеграція
(код і назва спеціальності) Технології
освітньої програми Автоматизація та комп'ютерна інтеграція
(код і назва освітньої програми) Технології
спеціалізації
(код і назва спеціалізації)

М. В. Кенженик
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кар. ЗНТП О. М. Барішченко
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент І. А. Курілець
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя

2020

ет Запорізькій національний університет
 (повне найменування закладу вищої освіти)
 ької освіти металургії
автоматизації управління технологічними процесами
другий / магістерський /
 (другий (магістерський) рівень)
 ність 151 Автоматизації та комп'ютерно інтегрованої технології
 (шифр і назва)
 зація _____
 (шифр і назва)
 -професійна програма Автоматизації та комп'ютерно інтегрованої технології
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТТГ
проф. Г.Т.Ч. Козак М.Ю.
 " " 20 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Коченко Максим Володимирович
 (прізвище, ім'я, по батькові)
 кваліфікаційної роботи магістра Числовий моделювання системи управління розподілу шихтових матеріалів по діаметру дискової печі в ППТ "Запоріжсталь"
 кваліфікаційної роботи магістра Барішнюк Дмитро Миколайович к.т.н. доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 ні наказом закладу вищої освіти від "10" вересня 2023 року № 1541-С
 одання здобувачем кваліфікаційної роботи магістра 26.12.19
 дані кваліфікаційної роботи магістра Малітискурич системи управління розподілу шихтових матеріалів по діаметру печі, Технічна звітність, дані отримані під час продовження практики на "Запоріжсталь"

розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
 вступ, особливості процесу завантаження шихти до печі,
 роботи без кокусного завантажувального пристрою, аналіз особлив-
 стей математичні моделі роботи розподілу шихти до печі, аналіз
 енергій автоматизації на ОП-3, в Україні та зарубіжжі,
 в Техніко-експертних показників

рафічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 Завантажувач безкокусного завантажувального пристрою; Вид розподілу шихти, динаміка зміни температур виходу в системі окиснення ОП-3. Температурний вплив CO₂ і температурний вплив на розподіл шихти до печі; Значення шихти температурної послідовності шихти та вплив енергії, Кожна шихта має розрахунок траєкторії руху шихти до шихтових скелей розподілу шихти, ОП-3, Визначення

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завання прийняття
1	Барішченко О.М. К.Т.И. доц. каф. НУТМ	
2	Барішченко О.М. К.Т.И. доц. каф. НУТМ	
3	Барішченко О.М. К.Т.И. доц. каф. НУТМ	
4	Барішченко О.М. К.Т.И. доц. каф. АУТМ	
5	Барішченко О.М. К.Т.И. доц. каф. АУТМ	
Методична комісія	Обв'язникова І.А. К.Т.И. доц. каф. АУТМ	

7. Дата видачі завдання 10.03.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра
1	Визначення особливостей зважталою земських мереж	20.03.19 - 28.03.19
2	Аналіз роботи БЗП	29.03.19 - 10.04.19
3	Висхідне розр розподілу в ОП-3 при різних рівнях завантаження	10.04.19 - 25.04.19
4	Аналіз існуючих математичних моделей для розподілу по мережі	26.04.19 - 11.05.19
5	Формування та постановка фізичної і математичної задачі	2.05.19 - 8.05.19
6	Аналіз існуючих систем автоматизації в Україні та зарубіжжі	9.05.19 - 16.05.19
7	Розробка техніко-економічних показників	17.05.19 - 24.05.19
8	Розробка пропозицій, оформлення кваліфікаційної роботи	25.05.19 - 25.06.19

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Кожанко М.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи магістра

(підпис)

Барішченко
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кононенко М.В. "Удосконалення системи управління процесом розподілу шихтових матеріалів по діаметру доменної печі для умов ПАТ "Запоріжсталь".

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології, науковий керівник О. М. Барішенко. Інженерний інститут Запорізького національного університету. Факультет металургії, кафедра автоматизованого управління технологічними процесами.

В даній роботі розкрито проблему газорозподілу на ДП-3 в рамках ПАТ «Запоріжсталь», який в сукупності з нераціональними настройками завантажувального пристрою і періодичними збоями його роботи, провокуючими часті упускання рівня засипу, привели, в тому числі, до інтенсифікації процесу розпал футерування. Проведено аналіз існуючих моделей розподілу показав, що в світі найбільш широко поширені моделі контролю і розрахунку радіального розподілу шихти на печах великого обсягу, оснащених БЗП. В середовищі Matlab розроблено прикладну програму, для розрахунку кутів нахилу при різних рівнях засипу.

Ключові слова: ДП, МОДЕЛЬ, БЗП, ЛОТОК, ГАЗО РОЗПОДІЛ, ТЕПЛОВІ ВИТРАТИ, ФУТЕРУВАННЯ, ХОЛОДИЛЬНИКИ, SCADA, PLC.

ABSTRACT

Kononenko M.V. "The Improvement of Control System Process for the Distribution of Charge Materials over the Diameter of the Blast Furnace for the conditions of PJSC "Zaporizhstal".

Qualifying final work for the receipt of degree of higher education of master's degree after speciality 151 is Automation and computer integrated technologies, scientific leader O. M. Barishenko. Engineering institute of the Zaporizhzhya

national university. Faculty of metallurgy, department of the automated management technological processes.

In this work the problem of gas distribution is exposed on BF- 3 within the framework "Zaporizhstal", that in totality with the inefficient tuning of loading device and periodic failures of his work, provoking frequent omission level of charge, led, including, there is a height of lining-up to intensification of process. The analysis of existent models of distribution is conducted showed that in the world the most widespread models of control and calculation of radial distribution of charge on the stoves of high-cube, equipped TCU. The application program is worked out in the environment of Matlab, for the calculation of angles of slope at the different levels of засипу.

Keywords: BF, MODEL, TCU, TRAY, GAS DISTRIBUTION, THERMAL CHARGES, LINING-UPS, REFRIGERATORS, SCADA, PLC

АНОТАЦИЯ

Кононенко М.В. "Усовершенствование системы управления процессом распределения материалов шихты по диаметру доменной печи для условий ПАТ "Запорожсталь".

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 151 – Автоматизация и компьютерно интегрированные технологии, научный руководитель Е.Н. Баришенко. Инженерный институт Запорожского национального университета. Факультет металлургии, кафедра автоматизированного управления технологическими процессами.

В данной работе раскрыта проблема газо распределения на ДП- 3 в рамках ПАТ "Запорожсталь", который в совокупности с не рациональными настройками загрузочного устройства и периодическими сбоями его работы, провоцирующими частые упускания уровня засыпи, привели, в том числе, к интенсификации процесса разгара футеровки. Проведен анализ существующих моделей распределения показал, что в мире наиболее широко

распространенные модели контроля и расчета радиального распределения шихты на печах большого объема, оснащенных БЗП. В среде Matlab разработана прикладная программа для расчета углов наклона при различных уровнях засыпи.

Ключевые слова: ДП, МОДЕЛЬ, БЗУ, ЛОТОК, ГАЗО РАСПЕРЕДЕЛЕНИЕ, ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ, ФУТЕРОВКА, ХОЛОДИЛЬНИКИ, SCADA, PLC.

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Особливості процесу завантаження доменної печі	11
1.1 Основні компоненти доменної печі	11
1.2 Технологічний процес завантаження печі та методи розподілу шихти по діаметру.....	14
2 Аналіз роботи без конусного завантажувального пристрою та проблеми не рівномірності засипу.....	23
2.1 Аналіз проблеми не рівномірності поверхні засипу в доменній печі.....	23
2.2 Аналіз особливостей роботи без конусного завантажувального пристрою	28
3 Розробка фізичної і математичної моделі розподільника шихти	37
3.1 Математичні моделі радіального розподілу шихти в доменних печах	37
3.2 Фізична постановка задачі	54
3.3 Розробка моделі для розрахунку кутів нахилу лотка бзп	57
4 Автоматизована система управління без конусного завантажувального пристрою в умовах ПАТ «Запоріжсталь» та асутп завантаження доменних печей на Україні та зарубіжжі	60
4.1 Реалізація АСУ безконусного завантажувального пристрою	60
4.2 Технічне забезпечення системи	65
4.3 АСУ ТП доменної печі 3 ПАТ Уральська сталь	73
4.4 АСУ ТП «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча» доменної печі №3	76
4.5 АСУ ТП доменної печі №8 «Дніпровського металургійного комбінату ім. Ф.Е. Дзержинського	78
5 Техніко-економічні показники	83
Висновки	88

Список використаних джерел.....	90
Додаток А Прикладна програма розрахунку кутів нахилу БЗП	92
Додаток Б ФСА лотка без конусного завантажувального пристрою	94

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна домена піч є організованою керованою інтерактивною системою. Стан цієї системи визначається закономірностями комплексу фізичних процесів, що протікають в доменній печі, особливостями технології, залежної від конкретних паливно-сировинних умов і устаткування доменної печі, що включає системи підготовки шихти, комбінованого дуття, систему відробітку продуктів плавки, і прийнятим способом управління.

Мета і задачі роботи. Метою роботи є аналіз та пошук вирішення проблеми, газорозподілу на ДП-3 в рамках ПАТ «Запоріжсталь», який в сукупності з нераціональними настройками завантажувального пристрою і періодичними збоями його роботи, провокуючими часті упускання рівня засипу, привели, в тому числі, до інтенсифікації процесу розпал футерування.

Оптимізація розподілу шихти в доменній печі є важливим засобом досягнення високої продуктивності при мінімальній витраті коксу і збільшення тривалості міжремонтних періодів роботи.

Об'єкт дослідження. Об'єктом для даної роботи обрано ДП-3 в рамках ПАТ «Запоріжсталь» на якій встановлено безконусний завантажувальний пристрій від компанії Danieli Corus.

Предмет дослідження. Оптимізація розподілу шихти в доменній печі є важливим засобом досягнення високої продуктивності при мінімальній витраті коксу і збільшення тривалості міжремонтних періодів роботи.

Методи дослідження. Математичне моделювання розподілу шихтових матеріалів по радіусу колошника необхідно для визначення структури стовпа шихти в шахті доменної печі, і його змін при різних режимах роботи, розрахунку товщини шарів і розподілу часток в шарі за видом матеріалу та за крупності, розподілу рудних навантажень і порожності шару по радіусу і окружності колошника. Мета моделювання - дослідження процесів завантаження шихти, оцінка різних технічних рівнів, вдосконалення управління ходом печей і математичних моделей.

Моделі радіального розподілу такого призначення повинні належати до класу дослідних моделей. Моделі для роботи в складі АСУТП доменної печі повинні включати моделювання процесу плавки і визначати оптимальні керуючі впливи з використанням методів штучного інтелекту.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведено удосконалення системи розподілу шихтових матеріалів в ДП-3 в рамках ПАТ «Запоріжсталь» за допомогою розрахунку нових кутів нахилу розподільного лотка.

Практичне значення одержаних результатів. Отриманні значення кутів нахилу розподільного лотка для різних рівнів засипу, необхідно додати до проекту контролера АСУ БЗП.

Особистий внесок дослідника. Теоретичні дослідження виконані автором самостійно. Його особистий внесок полягає в розробці прикладної програми для розрахунку кутів нахилу лотка.

Апробація результатів. Матеріали магістерської роботи були повідомлені та обговорені на наукових конференціях ЗДІА.

Публікації. Основні результати магістерської роботи опубліковані в друкарських роботах, а саме в тезах матеріалів наукових конференцій ІІ ЗНУ.

Кононенко М.В. Удосконалення системи управління процесом розподілу шихтових матеріалів по діаметру доменної печі для умов ПАТ «Запоріжсталь» [Текст] / М. В. Кононенко // *Металургія як основа сучасної промисловості* Том І 26-29 листопада 2019 р. Матеріали ХХІV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів. Запоріжжя, 26-29 листопада 2019 р. – Запоріжжя:ЗНУ, 2019. – Т.1. – С.80-81.

Структура магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку літератури із 21 найменувань, 2 додатків, 1 таблиці, 35 рисунків, усього 94 сторінки.

1 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

1.1 Основні компоненти доменної печі

Кінцевим продуктом доменного виробництва є чавун, для виплавки якого нині в основному застосовуються доменні печі. Початковою сировиною для отримання чавуну є шихта, до складу якої входять: руда залізна і марганцева, металеві добавки (скрап і стружка), флюс і пальне. Нині залізна руда в натуральному виді в доменному виробництві не використовується.

В цілях кращої відновлюваності залізна руда, як правило, готується до доменної плавки і подається в домену піч у вигляді гранульованого агломерату або обпалених окатишів.

Флюсами називаються матеріали, що вводяться в шихту для перекладу порожньої породи, золи коксу і сірки в шлак певного складу і текучості, що необхідно для отримання чавуну заданої марки.

Залежно від хімічного складу рудної частини шихти (агломерата) і золи коксу застосовують кислі або основні флюси. В якості основного флюсу застосовується вапняк, а в якості кислого – кварцити, які додаються в залізну руду в процесі її агломерації і обдавання.

В якості пального в доменній плавці використовується в основному кам'яновугільний кокс. Останнім часом в цілях зниження витрати коксу в якості добавок застосовуються: природний газ, нафта і пиловугільне паливо. В результаті застосування природного газу робота доменних печей підвищується приблизно на 3%, а відносна витрата коксу зменшується на 13% 15%.

Залізо, що входить до складу чавуну, виходить з рудної частини шихти, в якій воно знаходиться у вигляді з'єднань з киснем (оксиди заліза). Для відновлення заліза необхідно відняти кисень руди, сполучаючи його з речовиною, що має велику спорідненість до кисню що утворює з ним міцніше з'єднання, ніж з'єднання кисню із залізом.

Речовина, що віднімає кисень руди, називається відновлювачем. У доменному процесі відновником і джерелом тепла виявляється вуглець палива.

Щоб відбувалося відновлення заліза, необхідно нагрівати рудну частину шихти і відновник. За рахунок згорання коксу в доменній печі і розвиваються необхідні для реакції відновлення температури. Для спалювання коксу в зону доменної печі (заплечики) через повітряні фурми подається нагрітий до температури від 1000 °С до 1200 °С повітря під тиском від 28 Н/см² до 42 Н/см² (від 2,8 кгс/см² до 4,2 кгс/см²).

В результаті інтенсивного горіння палива в області повітряних фурм і розплавлення шихтових матеріалів в зонах розпарення, заплечиків і горна звільняються деякі об'єми печі, в які з верхніх горизонтів опускається шихта, при цьому шари шихти розпушуються, створюючи хорошу газопроникність, необхідну для рівномірного розподілу газів, прогрівання шихти і відновлення оксиду заліза. Палива, що утворюються в процесі горіння, у фурменій зоні газу піднімаються від низу до верху, інтенсивно нагріваючи при цьому шихтові матеріали.

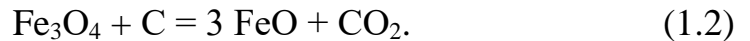
В результаті проходження гарячих газів через шари шихтових матеріалів відбуваються наступні процеси:

- при температурі від 100 °С до 150 °С відбувається випар вологи;
- при температурі від 300 °С до 400 °С – видалення хімічно пов'язаної вологи гідрата;
- при температурі 400 °С починається найважливіший– відновлення заліза інших елементів з їх оксидів (непряме відновлення);
- при температурі від 600 °С до 900 °С – видалення летких з палива, розклад вапняку CaCO_3 і магнезиту MgCO_3 .

Увесь процес відновлення заліза в доменній печі полягає в наступному. Оксид заліза, стикаючись при високій температурі з оксидом вуглецю, віддає окису вуглецю свій кисень, частково відновлюючись до магнітного оксиду заліза, перетворюючи при цьому окис вуглецю на вуглекислоту:



Магнітний окис, опускаючись вниз, зустрічає нові порції окису вуглецю, які продовжують віднімати кисень від руди, відновлюючи її далі до закису заліза по наступній реакції:



Опускаючись ще нижче, закис заліза відновлюється за допомогою С по наступній реакції:



При цьому виходить замість закису заліза і окислу вуглецю – залізо і вуглекислота. Усі вказані перетворення відбуваються при температурах від 300 °С до 950 °С.

Прийнято вважати, що в ході доменного процесу залізо на 50% відновлюється окислом вуглецю і воднем (непряме відновлення) і на 50% твердим вуглецем шляхом безпосереднього контакту рудної частини з коксом. Пряме відновлення заліза відбувається при температурах вище 950 °С. В нижній частині шахти, розпаренні, заплечиках і горні, де деяка не відновлення частина руди, стикаючись з розжареним коксом, повністю відновлюється і насичується вуглецем. Таке розчинення вуглецю в залізі знижує температуру плавлення розплаву, який вже плавиться при температурах від 1150 °С до 1200 °С.

В результаті в горні доменної печі скупчується не чисте залізо, а чавун з вмістом вуглецю до 3,5% - 4 %.

У доменній шихті, окрім оксидів заліза, завжди є оксиди кремнію, марганцю, фосфору, кальцію, магнію і інші, які також відновлюються і частково переходять в шлак і чавун.

Шлакоутворення потрібне для сплаву між собою маючих високу температуру плавлення наступних оксидів порожньої породи: кремнезему SiO_2 , глинозему Al_2O_3 , вилити CaO , магнезії MgO , золи палива і флюсів з освітою при цьому легкоплавких з'єднань (шлаків), температура плавлення яких значно нижче температури кожного оксиду, що входить в шихту.

Відновлений рідкий метал і шлак в процесі доменної плавки скупчуються в горні печі, де відбувається відділення шлаку від металла, при цьому частки шлаку які більше легкі спливають на поверхню розплавленого чавуну. Випуск чавуну і шлаку здійснюється у міру їх накопичення. Шлак в процесі доменного виробництва являється побічним продуктом, який служить хорошою сировиною для виробництва будівельних матеріалів. Доменний шлак використовується для виробництва наступних будівельних матеріалів : різних видів високоякісних цементів, що отримуються на основі гранульованого шлаку; щебілки як заповнювача для бетону, отримуваною методом дроблення повільно захололого шлаку; брущатки для мощення вулиць, плит і блоків, що відливаються з огненно-жидкого шлаку в металеві форми, міцність і щільність цих виробі прирівнюється граніту; шлаковати для термоізоляційних робіт, що отримується методом того, що розпиляло струменя розплавленого шлаку стислим повітрям або парою; цеглини і шлакобетонних блоків, що виготовляються з гранульованого шлаку з добавкою або цементу з подальшим затвердінням на повітрі або в паропропарочних камерах.

Сучасний доменний цех є комплексом різних дуже складних споруд і устаткування [1, 2].

1.2 Технологічний процес завантаження печі та методи розподілу шихти по діаметру

Подання порцій шихтових матеріалів з бункерної естакади на колошник здійснюється за допомогою скипової системи. Матеріал з обох скипов може

вивантажуватися в 1 (одну) загальну приймальну воронку. З приймальної воронки матеріал спрямовується в один з 2 (двох) шихтових бункерів за допомогою верхнього шихтового затвора при відкритому верхньому клапані газозушільнювача.

Загальна кількість матеріалу контролюється системою, що зважує. Після цього шихтовий бункер наповнюється напівчистим доменним газом і азотом з тиском, що трохи перевищує тиск на колошнику. Це зроблено з метою відвертання засосу доменного газу в шихтовий бункер при вивантаженні матеріалу в піч з подальшим скиданням його в атмосферу при зниженні тиску у бункері до атмосферного.

Як тільки рівень поверхні шихти в печі опускається до мінімального рівня (рівень подання сигналу на завантаження шихти), нижній клапан газозушільнювача і нижній шихтовий затвор відкриваються, і матеріал завантажується в піч. Щоб забезпечити завантаження матеріалу з необхідною витратою, нижній шихтовий затвор відкривається на заздалегідь задану величину. Для різних матеріалів ця величина відрізнятиметься, при цьому вона безперервно перераховується і змінюється на підставі даних про фактичну і бажану швидкість завантаження попередньої порції

Матеріал через шихтовий затвор і центруючий вузол поступає до розподільного лотка. Розподільний лоток може обертатися як по, так і проти годинникової стрілки і може змінювати кут нахилу. Це дозволяє робити завантаження матеріалу в піч за заздалегідь заданою програмою в усі зони на поверхні шихти.

При спустошенні шихтового бункера нижній клапан газозушільнювача закривається, а тиск в шихтовом бункері скидається. Спочатку газ перенаправляється в магістраль чистого газу і частково утилізувався. Після цього тиск скидається безпосередньо в атмосферу через скидну клапан. Після цього шихтовий бункер готовий до прийому наступної порції

Поки матеріал з одного шихтового бункера вивантажується в піч, в другий шихтовий бункер завантажується наступна порція матеріалу, і в ній створюється надмірний тиск. Загальний вид об'єкта представлено на рис 1.1.

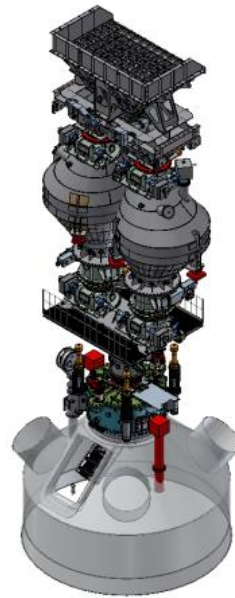


Рисунок 1.1 - Загальний вид об'єкта

Робота лотка:

1) Нахил лотка

При зміні кута нахилу лотка його переміщення здійснюється між 11 заданими положеннями. Положення №11 відповідає крайньому периферійному положенню лотка, а в положенні №1 лоток знаходиться максимально близько до центру печі. Ці 11 положень задаються на підставі траєкторій падіння матеріалу при його сходженні з лотка. Ці траєкторії визначаються за допомогою вимірів точок падіння, виконаних на етапі проведення пуско-налагоджувальних робіт.

Завантаження матеріалу робиться при певному рівні матеріалу в доменній печі, який називається лінією засьпи (чи рівнем подання сигналу на завантаження шихти). При нестабільному ході печі цей рівень засьпи може різко впасти. Для відвертання змін характеру розподілу шихти (газопроникність ДП) кути автоматично коригуються. Це допоможе відновити

нормальний режим роботи печі. Ця операція виконується для трьох різних рівнів засипи : - 1, - 2 і - 4 метри - і для кожного з положень лотка. Як правило для позначення нульового рівня засипи використовується цифра "0", і наявність шихтових матеріалів вище цього рівня не передбачається. Нормальний рівень засипу (чи рівень подання сигналу на завантаження шихти) завжди знаходиться нижче цього рівня.

Траєкторії для різних положень лотка можуть змінюватися в процесі роботи печі (унаслідок зносу). Тому має бути передбачена можливість зміни або калібрування кутів для різних положень лотка.

Передбачаються наступні кути нахилу лотка :

- від 10 град до 50 град нормальний діапазон при виконанні завантаження в автоматичному режимі;

- 51 град використовується при виконанні мастила лотка. Цей кут буде уточнений на етапі пуско-налагоджувальних робіт;

- 53 град - верхня межа, яка встановлена для обертання лотка і реєстраторів рівня засипу від ушкоджень. Лоток не може бути піднятий вище за цей кут (механічне блокування). Цей кут буде уточнений на етапі пуско-налагоджувальних робіт;

- 62 град - ремонтне положення, яке використовується тільки при демонтажі лотка (тільки у ручному режимі). Цей кут буде уточнений на етапі пуско-налагоджувальних робіт.

Швидкість зміни кута нахилу лотка знаходиться в діапазоні від 0 град/с до 1,6 град/с.

2) Обертання лотка

При нормальній роботі зупинка обертання лотка не передбачається, крім випадків, коли необхідно виконати мастило лотка. Таке рішення прийняте для того, щоб виключити надмірні механічні навантаження на редуктор. Якщо кут нахилу лотка складає менше 53 град, лоток обертається зі швидкістю близько 7-8 об/хв. Це дозволяє уникнути пересипання занадто великої кількості

матеріалу через бічну стінку лотка при певній мірі відкриття нижнього шихтового затвора.

Після завантаження приблизно 100 подань напрям обертання лотка міняється. Це зроблено для того, щоб знос лотка був рівномірним з обох боків. Лоток може обертатися як по годинній, так і проти годинникової стрілки. При цьому також змінюється послідовність операцій для шихтового бункера. Якщо виконується завантаження по секторах, то при зміні напрямку обертання лотка послідовність операцій шихтового бункера не міняється.

3) Управління завантаженням

Розподіл шихтових матеріалів може робитися різними способами. Можливі наступні варіанти розподілу матеріалів :

- завантаження по спіралі;
- завантаження кільцями;
- точкове завантаження;
- завантаження по секторах.

Завантаження по спіралі - це нормальний режим завантаження матеріалу в піч, при якому завантаження виконується в автоматичному режимі. Завантаження робиться відповідно до програми (положення лотка і кількість оборотів), заданої в "таблиці завантаження". Регулювання нижнього шихтового затвора також здійснюється відповідно до заданого алгоритму.

Завантаження кільцями - при завантаженні кільцями лоток безперервно обертається, а оператор може в ручному режимі змінити кут нахилу лотка і встановити його в певне кутове положення. Управління нижнім шихтовим затвором може здійснюватися як в автоматичному, так і в ручному режимі.

Точкове завантаження - оператор задає кут повороту лотка, кут нахилу лотка і міру відкриття шихтового затвора. Ця операція виконується вручну.

Завантаження по секторах - оператор вибирає 2 (два) крайні положення, в межах яких лоток може обертатися при різних кутах нахилу лотка. У цих точках лоток припиняє обертання і міняє напрям обертання на протилежне. Ця операція повторюється для заданих кутів нахилу лотка. Мінімальний кут між

цими граничними точками складає 60 градусів. Оператор повинен встановити шихтовий затвор в необхідне положення в ручному режимі.

Управління завантаженням шихтових матеріалів кільцями здійснюється за часом або по масі. Відкриття нижнього шихтового затвора відбувається однаково в обох випадках, але сигнал на зміну кута нахилу лотка відрізнятиметься. Точність при використанні цих методів також буде різною.

При кільцевій схемі, ґрунтованій на часі, лоток переміщається в наступне положення після того, як він вчинив повний оберт, і після того, як загальна кількість оборотів дорівнюватиме значенню, заданому в "таблиці завантаження". Якщо час завантаження матеріалу виявиться менше / більший, це вплине на кількість матеріалу, яку буде розподілено на останньому кільці.

Наприклад, якщо треба завантажити 40 тонн, розподіливши їх таким чином:

- подання в положенні 10;
- подання в положенні 9.

В цьому випадку сигнал на зміну кута лотка видається через $((60 / 7 \text{ об/хв}) * 2 \text{ подання})$ 17,34 секунд після відкриття нижнього шихтового затвора. Для забезпечення високої точності завантаження швидкість витікання матеріалу з шихтового бункера має бути постійного впродовж усього періоду завантаження, і у кінці маса шихтового бункера має бути близькою до нуля. До важливих чинників, які знижують точність цього методу, відносяться ефекти сегрегації і різний зміст вологи в шихтових матеріалах. Ці чинники робитимуть вплив на швидкість вивантаження матеріалу через нижній шихтовий затвор, і цей вплив ніде не враховується.

При кільцевій схемі завантаження по масі лоток переміщається в наступне положення після того, як була завантажена необхідна маса матеріалу, задана в "таблиці завантаження".

Наприклад, якщо треба завантажити 40 тонн, розподіливши їх таким чином:

- подання в положенні 10;

- подання в положенні 9.

В цьому випадку сигнал на зміну кута лотка видається кожні (40 тонни / 4 подання) 10 тонн матеріалу, завантаженого в доменну піч. Для забезпечення високої точності завантаження матеріалу необхідно з високою точністю вимірювати масу шихтового бункера.

До важливих чинників, що впливають на точність вимірів, відносяться:

- створення в шихтовом бункері надмірного тиску впливає на вимірюване значення маси;

- точність вимірів при малій масі коксу в порівнянні з масою руди. Це особливо актуально при високій витраті вдування ПУТ.

Можуть використовуватися обидві системи; при цьому на етапі проведення пуско-налагоджувальних робіт визначається погрішність вимірів і вносяться відповідні поправки.

4) Режими роботи

Передбачений чотири режими роботи :

- автоматичний режим;
- ручний режим;
- місцевий режим;
- напівавтоматичний режим.

Автоматичний режим - це єдиний режим роботи при завантаженні доменної печі. У цьому режимі завантажувальний пристрій безперервно здійснює управління розподільним лотком відповідно до "таблиці завантаження". Цей режим використовується при виборі схеми завантаження по спіралі.

Ручний режим не відноситься до робочих режимів. Цей режим передбачений тільки для проведення техобслуговування і завантаження за спеціальними схемами завантаження. Ручний режим є "контрольованим", тобто в цьому режимі залишаються активними усі запобіжні взаємні блокування, а також взаємні блокування / перевірки при виконанні послідовності операцій. При переключенні в ручний режим роботи устаткування

залишається в тому стані, в якому воно знаходилося. Наприклад, лоток продовжуватиме обертання, знаходячись під тим же кутом нахилу, до тих пір, поки оператор не внесе які-небудь зміни в ручному режимі. Також у бункерну естакаду не поступатимуть сигнали на подання нових порцій матеріалу, а скип зупиниться в контрольній точці, якщо при цьому не спрацюють взаємні блокування / перевірки при наповненні. Скип завершить доставку вже набраної порції матеріалу, якщо оператор вручну не зупинить скипову систему.

Оператор в ручному режимі може здійснювати управління наступними операціями і вузлами :

- нахил лотка (вгору, вниз, перекид в задане положення);
- поворот лотка (вгору, вниз, перекид в задане положення);
- кільцеве, точкове завантаження і завантаження по секторах;
- відкрити / закрити усі клапани.

Допоміжні системи: вимір рівня засипи, охолоджувальна вода, пара, азот, системи гідравліки і мастила - працюють незалежно від редуктора. Якщо оператор вибирає ручний режим управління редуктором, це не відіб'ється на режимі роботи цих систем.

При виборі ручного режиму управління редуктором мастило лотка також повинне робитися в ручному режимі. Якщо інтервал між мастилами перевищить 45 хвилин, буде видано відповідне попередження.

Місцевий режим не відноситься до робочих режимів. Цей режим використовується тільки для техобслуговування, при заміні устаткування / клапанів або демонтажі лотка. Місцевий режим не є "контрольованим", а це означає, що тільки активними будуть тільки запобіжні взаємні блокування. При цьому послідовність виконання операцій або стан устаткування не враховуються. Скипи, відповідні до контрольної точки, зупиняться. Обертання і зміна кута нахилу лотка також буде зупинено.

При напівавтоматичному режимі роботи після завершення якої-небудь послідовності операцій настає період очікування, до тих пір, поки оператор не

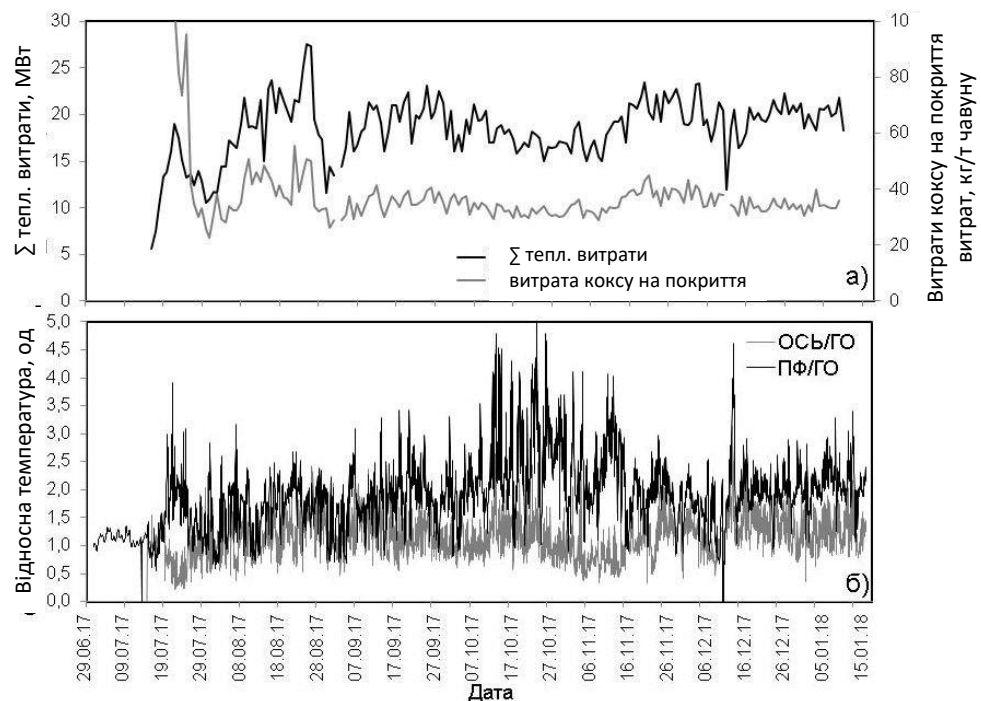
запустить наступну послідовність операцій. У напівавтоматичному режимі може здійснюватися управління кільцевим, точковим завантаженням і завантаженням по секторах [3, 4].

Під час аналізу роботи БЗП, який встановлено на ДП-3 в рамках ПАТ «Запоріжсталь» було виявлено великі теплові навантаження на холодильники печі та футерування, в деяких місцях спостерігається фактично зношений стан футерування. Необхідно проаналізувати роботу БЗП при різних умовах роботи та знайти причини виникнення теплових навантажень, внести корегуючі методи для уникнення даних проблем. Щоб збільшити міжремонтний період, а також суттєво знизить економічні затрати.

2 АНАЛІЗ РОБОТИ БЕЗ КОНУСНОГО ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ТА ПРОБЛЕМИ НЕ РІВНОМІРНОСТІ ЗАСИПУ

2.1 Аналіз проблеми нерівномірності поверхні засипу в доменній печі

В даний час робота ДП-3 ПАТ «Запоріжсталь», в цілому, характеризується задовільними показниками роботи: виробництво чавуну близько 3550 т/добу, питомі витрати коксу близько 350 кг / т і ПВП близько 160 кг / т чавуну. При цьому на ДП-3 спостерігаються найбільші серед печей доменного цеху (як питомі, так і абсолютні) теплові втрати близько 20 МВт з піками до 25 МВт (від 600 МДж до 700 МДж/т чавуну). Витрата коксу на покриття теплових втрат становить, в середньому, близько 40 кг / т чавуну (рис. 2.1, а).



ОСЬ – температура радіального газу в осьовій зоні; ПФ – температура периферії; ГО – температура колошникового газу
 Рисунок 2.1 - Динаміка зміни теплових втрат в системі охолодження ДП №3 ПАТ «Запоріжсталь» і витрати коксу на їх покриття

Величина сумарних теплових втрат в системі охолодження ДП-3 обумовлені як особливостями конструкції системи охолодження (застосування високо теплопровідні тонкостінної футерування в поєднанні з мідними холодильними плитами), так і газорозподілом, сформованого застосовуваним режимом завантаження (рис. 2.1, б).

Як видно з рис. 2.1 б, характер газорозподілу, оцінюваний за допомогою відносних показників ПФ / ГО і ОСЬ / ГО, відображає

«Підвантаженими» залізородними матеріалами осьову і «відкриті» периферійну зони. За численними дослідженнями ІЧМ на печах з БЗП раціональним діапазоном зміни показника ПФ / ГО, що відображає помірно «підвантаженими» периферію і стійкий осьової потік газів, є 0,8-1,4 од., А зменшення / збільшення його значення призводить до зміщення «підвантаженими» до периферії / осі. Це побічно підтверджується прямо пропорційною взаємозв'язком сумарних теплових втрат в системі охолодження ДП№3 і значень показника ПФ / ГО (рис.2.2).

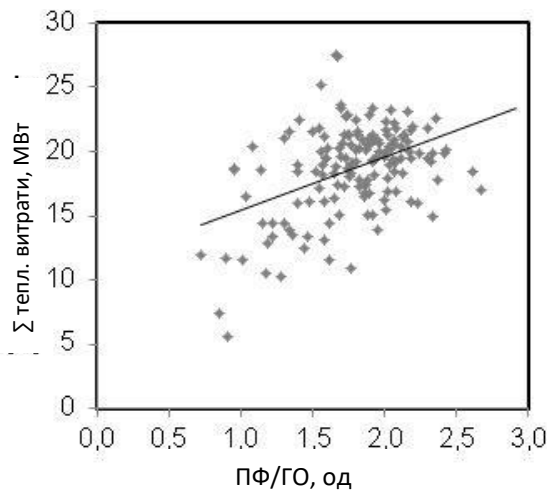


Рисунок 2.2 - Взаємозв'язок сумарних теплових втрат в системі охолодження ДП №3 ПАТ «Запоріжсталь» і значень відносної температури ПФ / ГО

Надмірно «відкрита» периферія і «занурена» осьова зона ДП-3 також підтверджуються типовими усередненими діаграмами розподілу вмісту CO_2 і температури газу по її радіусу (рис. 2.3). Так, середній вміст CO_2 в цих зонах

становить близько 15%, при раціональних величинах для доменних печей схожого обсягу, оснащених БЗУ - близько 5% - 10% в осі і близько 18% - 20% на периферії.

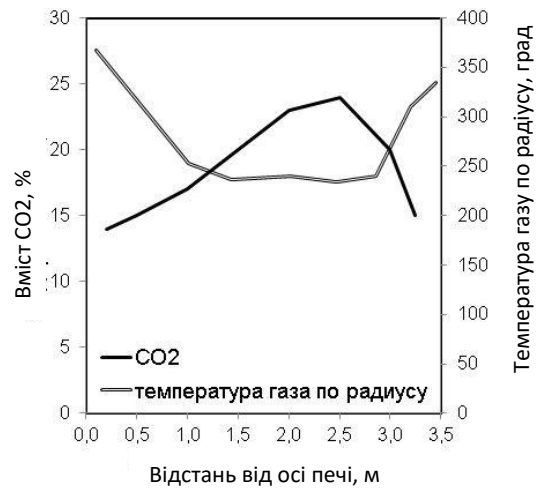


Рисунок 2.3 - Типовий розподіл вмісту CO₂ і температури газу по радіусу ДПН№3 ПАТ «Запоріжсталь»

Залишкова товщина футеровки шахти печі після пів року роботи представлена на рис 2.4 та на рис 2.5. представлена залишкова товщина футеровки після півтора року роботи печі

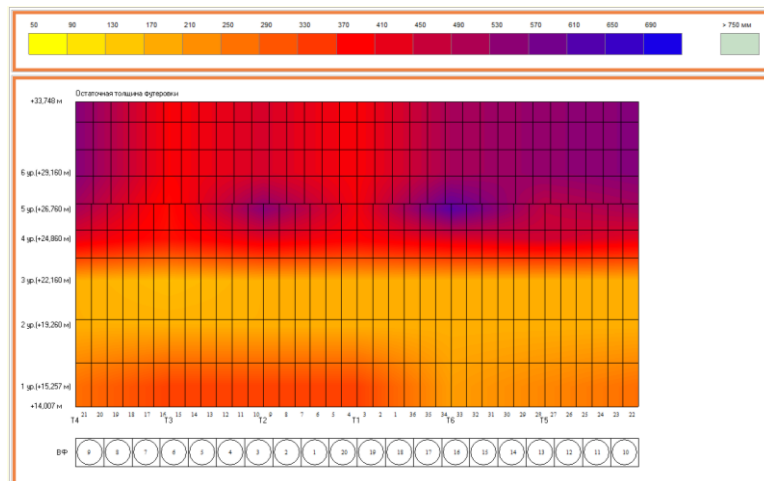


Рисунок 2.4 - Товщина футеровки шахти печі після пів року після пуску

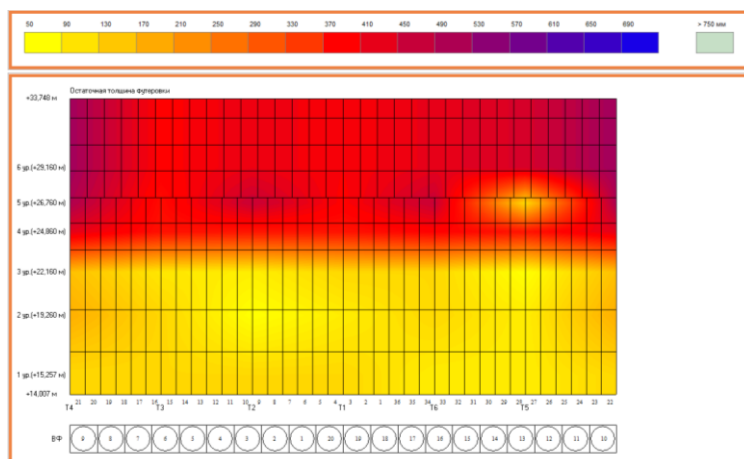
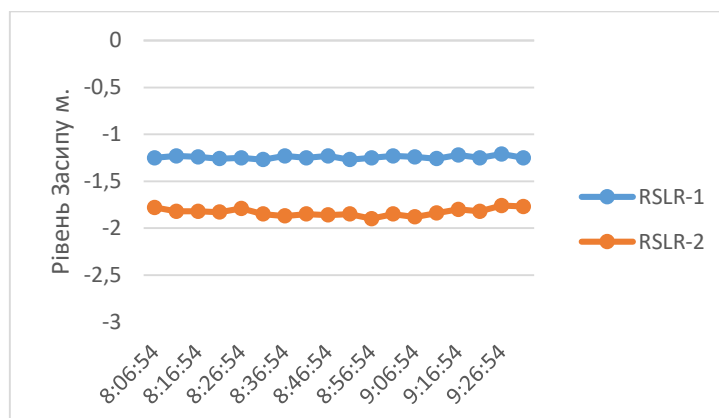
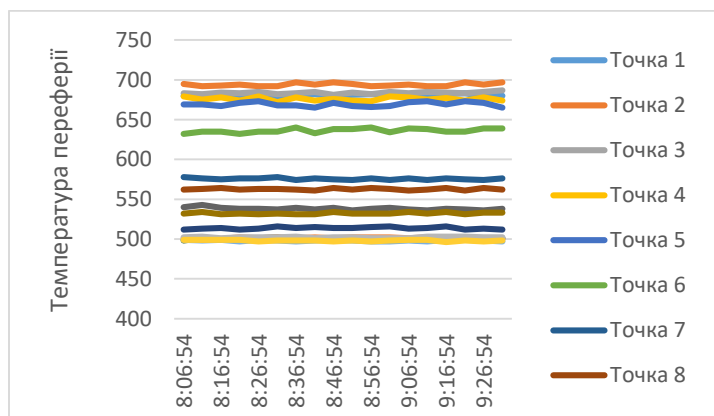


Рисунок 2.5 - Товщина футеровки шахти печі після півтора роки після пуску

Існує залежність між температурою колошникового газу та рівнем засипу печі. При перекосі в засипу печі температура колошникових газів підвищуються в цій точці печі. На рис 2.6,а представлені дані рівня засипу, на рис 2.6,б температури периферії.



а - рівень засипу в печі



б – температура периферії

Рисунок 2.6 – Залежність температури периферії від рівня засипу

Зазначені особливості газорозподілу в сукупності з нераціональними настройками завантажувального пристрою і періодичними збоями його роботи, провокуючими часті упускання рівня засипу, привели, в тому числі, до інтенсифікації процесу розпал футерування ДП-3 (за показаннями САК «Шахта»). Так, в розпарі і 1 ряді холодильних плит спостерігається повний знос торкретбетону, а також 10% і 9% карбідкремнієві футерування відповідно (рис. 2.7). Середній знос футеровки шахти, распара і заплічок ДП-3 становить близько 26,4% [6].

Горизонт	Параметри контролю		Значение						Проектная толщина футеровки,
			1	2	3	4	5	6	
6	Отметка 29,160 м	Остаточная толщ ина футеровки, мм	380	407	379	505	458	467	576 ¹
		Толщинагарнисажа, мм	275	246	269	269	246	170	
		Суммарнаятолщина, мм	655	653	648	774	704	637	
5	Отметка 26,760 м	Остаточная толщ ина футеровки, мм	375	455	355	472	451	573	576 ¹
		Толщинагарнисажа, мм	318	322	400	400	0	204	
		Суммарнаятолщина, мм	693	777	755	872	451	777	
4	Отметка 24,860 м	Остаточная толщ ина футеровки, мм	345	342	349	407	429	388	576 ¹
		Толщинагарнисажа, мм	222	222	230	230	189	189	
		Суммарнаятолщина, мм	567	564	579	637	618	577	
3	Отметка 22,160 м	Остаточная толщ ина футеровки, мм	140	110	134	150	134	150	200 ²
		Толщинагарнисажа, мм	9	11	10	23	10	26	
		Суммарнаятолщина, мм	149	121	144	173	144	176	
2	Отметка 19,260 м	Остаточная толщ ина футеровки, мм	107	150	150	150	75	100	200 ²
		Толщинагарнисажа, мм	55	142	205	0	0	3	
		Суммарнаятолщина, мм	162	292	355	150	102	153	
1	Отметка 15,257 м	Остаточная толщ ина футеровки, мм	231	290	258	204	202	158	290 ³
		Толщинагарнисажа, мм	59	53	99	1	18	3	
		Суммарнаятолщина, мм	290	343	357	205	220	161	

1 - ШПД; 2 - Карбідокремнієвийкірпіч 150 мм + Торкретбетон 50 мм;

3 - Карбідокремнієвийкірпіч 150 мм + Торкретбетон 140 мм

Рисунок 2.7 - Відеокадр звіту САК «Шахта» про стан футеровки шахти ДП№3 21.01.2018

Аналізуючи дані, видно залежність температури переферії від рівня засипу, що впливає на газорозподіл в доменій печі.

Однією з причин сформованого на ДП-3 газорозподілу є нераціональні кути нахилу лоткового розподільника, задані фахівцями DanieliCorus при

проведенні пусконаладжувальних робіт під час завантаження задувочної шихти.

Згідно з результатами досліджень траєкторій руху шихти, що використовуються на ДП-3 кути нахилу лотка (крім нераціонального кроку між ними у всьому діапазоні кутових положень), мають значення менше раціональних величин на велечину від 2 град до 8 град для 6-10- го кутових положень і на велечину від 7 град до 12 град для 1-5-го положень. Дана обставина обумовлює неможливість ефективного управління розподілом в периферійній зоні і, при інших рівних умовах, може провокувати інтенсивний периферійний газовий потік.

Для реалізації даного заходу в САУ БЗУ ДП-3 необхідно задати раціональні набори робочих кутів нахилу лотка, обраних системою управління в залежності від фактичного рівня засипу шихти.

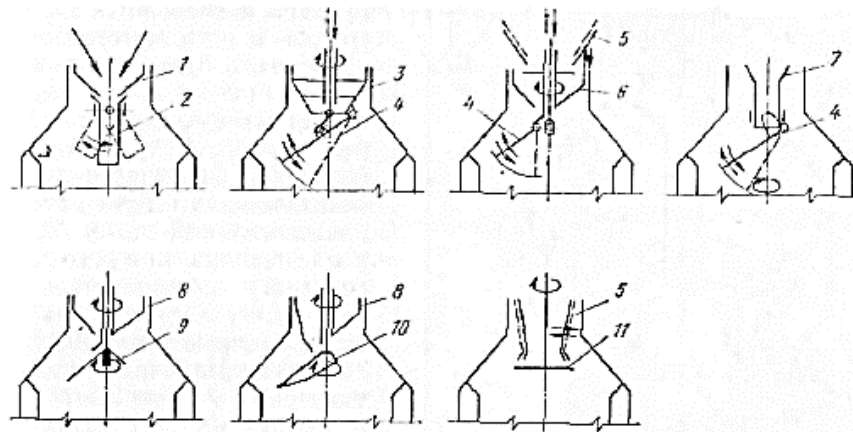
У складі системи управління БЗУ ДП№3 можливість коригування кута нахилу лотка від фактичної величини рівня в печі передбачена, проте застосовувані в теперішній час параметри даного режиму не забезпечують його високу ефективність через надмірно великого кроку зміни рівня засипу - 2,0 м.

2.2 Аналіз особливостей роботи безконусного завантажувального пристрою

У бесконусному завантажувальних пристроях (БЗП) технологічні функції розділені між відповідними його елементами, що дозволяє винести газозапорну частину Зп за межі пічного простору (при цьому газозапорні елементи виконують у вигляді тарілчастих клапанів невеликого діаметра) і розташувати розподільну частина ЗП безпосередньо над колошником печі . В цьому випадку повністю виключено контактування клапанів з потоком шихти в результаті установки над ними шихтових затворів, які виконують також функцію регулювання витрати шихти.

Завдяки невеликим поперечним розмірами клапанів і затворів, шлюзування шихти здійснюється в двох паралельно розташованих шихтових трактах, що підвищує пропускну здатність БЗП.

На рис. 2.8 зображені найбільш відомі варіанти розподільника шихти бесконусному пристрої, що забезпечують регулювання в широких межах розподілу шихти по радіусу колошника, рівномірну укладку її по колу або створення необхідної іноді окружній нерівномірності розподілу.



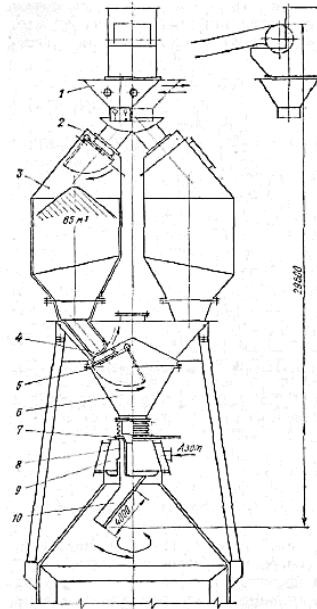
1 - стаціонарна воронка; 2 - труба з круговим хитанням; 3 - оберտальна воронка; 4 - похило-поворотний жолоб; 5 - рухома воронка; 6 - оберտальна воронка з боковим вивантажувальним отвором і тарілчастим дозатором; 7 - стаціонарна тічка; 8 - обертається воронка з боковим вивантажувальним отвором; 9 - обертові лотки різної довжини; 10 -Обертові конічний склиз; 11 - обертовий тарілчастий живильник.

Рисунок 2.8 - Принципові схеми розподільників шихти бесконусного завантажувального пристрою

БЗП з лотковим розподільником шихти Люксембурзькій фірми «Поль Вюрт» показано на рис. 2.9.

Подаються стрічковим конвеєром (Скіпом) шихтові матеріали за допомогою пересувної воронки 1 з поворотними заслінками направляються в один з двох паралельно розташованих шлюзових накопичувальних бункерів 3, обладнаних верхнім 2 і нижнім 5 газоушільнюючими тарілчастими клапанами з гумовим ушільненням, а також шихтовим затвором 4 секторного типу.

Останній служить для захисту нижнього клапана від стирання шихтою і регулювання часу випорожнення бункера, який розрахований на прийом порції залізородного матеріалу або коксу. Для контролю за закінченням матеріалу з бункерів 3 передбачено безперервне зважування їх за допомогою месдоза.



1 – пересувні воронка; 2 – верхній газоушільнюючий клапан; 3 – шлюзовий накопичувальний бункер; 4 – шихтовий затвор; 5 – нижній газоушільнюючий клапан; 6 – конічна воронка; 7 - гідрофікований пристрій; 8 – вертикальна течка; 9 – привод; 10 – розподільний лоток.

Рисунок 2.9 – Безконусний завантажувальний пристрій фірми «Поль Вюрт»

При завантаженні одного бункера проводиться вивантаження в піч матеріалу з іншого бункера через конічну воронку 6, котра спрямовує вертикальну течку 8 трубчастої форми і обертається щодо осі печі розподільний лоток 10, кут нахилу якого до горизонту може змінюватися, незалежно від обертання, в межах від 40 до 74 град. Наявність двох зазначених рухів лотка дозволяє вести селективну завантаження колошника, регулювати в широкому діапазоні розподіл шихти по його радіусу і окружності, укладаючи кожную порцію одним або декількома кільцями різного радіусу, а також в задані

сектор або точку. Завдяки висипання в піч порції шихти за 6 - 10 оборотів лотка досягається рівномірний окружне розподіл її.

Привід приймальні воронки, газозушільнюючих клапанів і шихтових затворів - централізований гідравлічний. Поворот заслінок робочих органів, клапанів і затворів здійснюється від гойдаються гідроциліндрів. Лоток отримує руху від встановленого на куполі печі електромеханічного приводу 9.

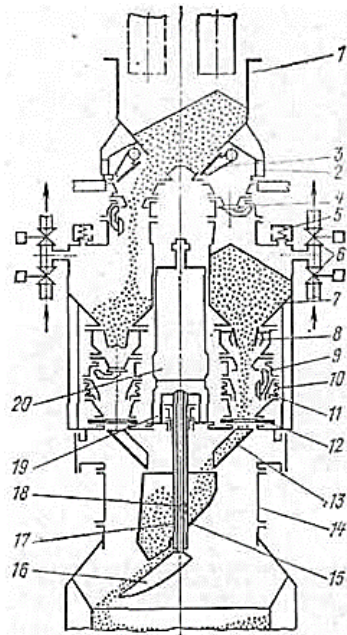
Кільцеві зазори (від 1 мм до 2 мм) між нерухомими і обертовими елементами приводу лотка з боку пічного простору герметизовані за рахунок безперервної подачі в корпус приводу великої кількості (до 20 тис. м³/ год) азоту під тиском, що перевищує тиск колошникового газу. Протікає азот одночасно охолоджує деталі приводу, завдяки чому підтримується їх температура на рівні, що не перевищує 70 ° С. Частина виходить в піч азоту охолоджує лоток.

Між конічної воронкою 6 і приводом 9 встановлено гідрофікований пристрій 7 з сифонним компенсатором, що дозволяє герметично відокремлювати від печі приймальню і шлюзову частини пристрою для їх ремонту та заміни окремих елементів, наприклад, тарелей газозушільнюючих клапанів.

Заміна зношеного лотка 10 виробляється через люк в куполі печі за допомогою спеціального маніпулятора. Кожен з бункерів 3 забезпечений зрівняльними (наповнювальним і випускним) клапанами.

Досвід експлуатації завантажувальних пристроїв з обертовим і хитним розподільчим жолобом (фірми «Поль Вюрт») показав, що вони дозволяють гнучко і оперативно управляти розподілом матеріалів по радіусу печі. В результаті знижується питома витрата коксу на 3 - 4% і підвищується продуктивність доменної печі на 2% - 3% [5].

На рис. 2.10 показано БЗП з розподільником шихти типу «воронка - скліз», створене ВНИИМЕТМАШ спільно з виробничим об'єднанням (ВО) «Уралмаш».



1 - бункер приймальної ланки; 2 – відкатна рейкова платформа; 3 – тарільчасті заслони; 4 – верхній газоушільнюючий клапан; 5 – запобіжний клапан; 6 – зрівняльні клапани; 7 – бункер; 8 – шихторегуючий затвор; 9 – газоушільнюючий клапан; 10 – сифонні вставки; 11- нижній патрубков; 12 – наявний пристрій; 13 – похила течка; 14 – металоконструкції підстави; 15 – оберткова воронка; 16 – розподільного сковзала; 17 – підвішені вертикальні штанги; 18 – співвісні штанги; 19 – зварена рама; 20 – електромеханічний привід.

Рисунок 2.10 - Принципова схема безконусного завантажувального пристрою конструкції ВНИИМЕТМАШ - ВО «Уралмаш»

Пристрій складається з приймальної воронки, двох паралельних шихтових трактів, розподільника шихти і підстави, змонтованого на опорному кільці купола печі і несе шихтові тракти і розподільник.

Приймальна лійка виконана у вигляді встановленого на відкатній рейковій платформі 2 бункера 1 з двома розвантажувальними вікнами, що закриваються тарільчастими заслінками 3 з гідрореєчними двох плунжерними приводами. Кожен шихтовий тракт містить бункер 7 для накопичення порції шихти (в обсязі одного або двох скіпів), верхній 4 і нижній 9 тарільчасті газоушільнюючі клапани, шихторегулюючий двухчелюстной затвор 8,

відсічна шиберні пристрої 12 для герметичного відділення від пічного простору шихтового тракту (при необхідності проведення на ньому ремонтних робіт на працюючій печі) і похилу течку 13, вмонтовану в верхню частину металоконструкції підстави 14. Бункер 7 обладнаний запобіжним 5 і зрівняльними 6 клапанів і, забезпечений герметизованими люками для доступу в нього і встановлений на стійках, закріплених на металоконструкції підстави 14, захищеного від перегріву термофутеровкой.

Газоушільнюючі клапани мають металеві контактні поверхні тарелі і сидла. Передбачено обдув цих поверхонь азотом. Привід клапана аналогічний приводам заслінки приймальні воронки.

Шихторегулюючий затвор 8 виконаний у вигляді укладених в закритий корпус коритоподібних щелеп, які сидять на валах гідромеханічного приводу, змонтованого на зовнішньому кронштейні корпусу. Привід, що складається з гідрореєчного двухплунжерного блоку і шестеренні кліті, крім крайніх положень щелеп, забезпечує зупинку і фіксацію їх у задаються програмою проміжних положеннях. Так само, як і в приводах заслінок приймальні воронки і газоуплотнільних клапанів, гідроциліндри закріплені нерухомо і мають жорсткі підводи робочої рідини.

Наявні пристрої 12 являє собою листову засувку відкритого типу з приводом від гідроциліндра двосторонньої дії. Стики власне засувки, виконаної водоохлаждаемой, з патрубками, між якими вона знаходиться, ущільнені гумовим шнуром. Замикання патрубків - пружинне, разжим - за допомогою гідравлічних домкратів. Рухливість по вертикалі верхнього патрубка забезпечена наявністю між ним і нижнім патрубком 11 газоушільнюючого клапана 9 сильфонні вставки 10, яка служить також температурним компенсатором тракту.

Розподільник шихти, виконаний у вигляді єдиного монтажного вузла, складається з обертової воронки 15 і розташованого під нею обертається розподільного сковзала 16, підвішених на співвісних вертикальних штангах 17 і 18 відповідно, а також електромеханічного приводу 20. Останній

змонтований на зварений рамі 19, яка є одночасно кришкою центральній горловини підстави. Штанга 18 виконана водоохладжуваною; передбачені сальникові ущільнення межштангового зазору і зазору між штангою воронки і рамою 19.

Воронка 15 служить для розподілу шихти по колу, а скліз 16 - по радіусу колошника. Воронка має конічну форму і зміщене щодо осі обертання розвантажувальний отвір, утворене знімним носком. Сковзало становить собою конічну оболонку, усічену циліндричною поверхнею, вісь якої паралельна осі оболонки і зміщена щодо неї. Ось конічної оболонки і вісь її обертання збігаються з віссю печі. Завдяки цьому довжина сковзала по котра утворює змінна по його окружності. Повертаючи скліз щодо вигрузочного отвори воронки, можна направляти потік шихти в будь-яку радіальну і центральну зони колошника.

Для управління гідрофіційованими механізмами передбачена насосна станція, розташована в окремому приміщенні на колошниковому майданчику печі.

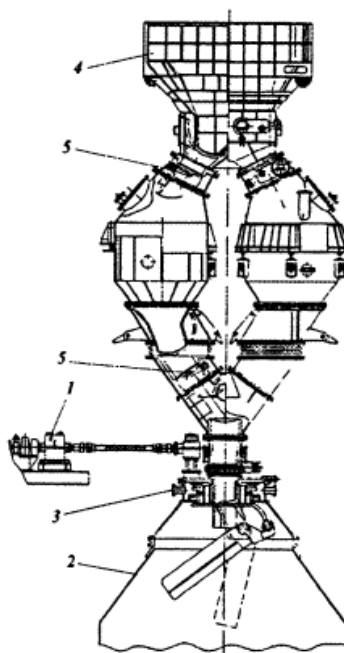
Пристрій обладнаний ізотопними датчиками, що фіксують вид шихтового матеріалу і сход його по шихтовим трактах, а також месдоза для безперервного зважування матеріалу в воронці розподільника шихти.

Передбачено захист елементів шихтових трактів і робочих органів розподільника від абразивного, а деталей газоотсекаючих клапанів - від газоабразивного зносу.

Основним режимом роботи пристрою є завантаження шихти через два тракту, що працюють по черзі. Розподільна воронка може працювати з накопиченням і без накопичення шихти. При необхідності завантаження може здійснюватися через один шихтовий тракт. Пропускна здатність пристрою при цьому забезпечує роботу печі з проектною продуктивністю [6].

БЗУ конструкції Гипромеза і ВО «Азовмаш» за принциповою схемою ідентично БЗУ фірми «Поль Вюрт», однак має ряд конструктивних відмінностей (рис. 2.11). Швидкохідна частина 1 приводу розподільника

шихти винесена в сторону від печі, а на її куполі 2 встановлена лише тихохідна частина 3 розподільника. Приймальна лійка 4 - стаціонарна. з двома затворами (за схемою воронки БЗУ ВНИИМЕТМАШ - Уралмаша), що покращує екологічні показники БЗУ [7].



1 – швидкохідна частина розподільника; 2 – купол печі; 3 – тихохідна частина розподільника; 4 – приймальна лійка; 5 – верхні та нижні газозцільнюючі затвори

Рисунок 2.11 – Безконучний завантажувальний пристрій конструкції Гипромеза – Азовмаша

Після аналізу проблеми теплового навантаження на холодильники печі та футерування, а також проаналізувавши роботи БЗП можливо зробити наступні висновки.

Однією з причин сформованого на ДП-3 газорозподілу є нераціональні кути нахилу лоткового розподільника, задані фахівцями DanieliCorus при проведенні пусконаладжувальних робіт під час завантаження задувочної шихти. Для покращення газорозподілу в САУ БЗУ ДП-3 необхідно задати раціональні набори робочих кутів нахилу лотка, обраних системою управління в залежності від фактичного рівня засипу шихти. Для реалізація

данного заходу необхідно розробити математичну модель для розрахунку кутів нахилу розподільного лотка для різних рівнів завантаження печі. У складі системи управління БЗП ДП-3 можливість коригування кута нахилу лотка від фактичної величини рівня в печі передбачена, проте застосовувані в теперішній час параметри даного режиму не забезпечують його високу ефективність через надмірно великого кроку зміни рівня засипу який складає 2,0 м.

3 РОЗРОБКА ФІЗИЧНОЇ І МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛЬНИКА ШИХТИ

3.1 Математичні моделі радіального розподілу шихти в доменних печах

За призначенням і використанням математичні моделі радіального розподілу шихти можуть бути розділені на кілька категорій, ко-торие накладають істотні обмеження і на структуру моделей, на обсяг пам'яті, необхідний темп роботи, а також на склад, гнучкість і структуру основних блоків цих моделей. Виділимо наступні типи моделей:

- Дослідницькі моделі, призначені для експлуатації в лабораторних умовах. Мета створення таких моделей - дослідження процесів завантаження шихти, оцінка різних технічних рішень, розвиток, вдосконалення та оцінка математичних моделей. Ці моделі не пов'язані з роботою реального об'єкта, вони повинні бути досить гнучкими, трансформуватися для вирішення широкого кола технічних завдань на різних печах з використанням різних конструкцій системи завантаження;

- Оперативні моделі, призначені для інженерних розрахунків і вибору параметрів і програм завантаження технологічним персоналом доменного цеху. Ці моделі призначаються для вирішення чітко обмеженого в технічному завданні кола завдань, забезпечуються базою даних, що відповідає умовам роботи даного доменного цеху і конструкцій системи завантаження доменної печі. Вони повинні враховувати особливості формування розподілу шихти при типових порушеннях ходу печі (периферійний, центральний хід) і при використанні раз-особистих прийомів управління розподілом шихти;

- Моделі, призначені для роботи в складі САК доменної печі. Ці моделі наразі доцільно застосовувати в комплексі з системами вимірювання профілю засипу шихти на колошником ДП, чий свідчення можуть бути використані в якості вихідних даних для моделювання структури шарів матеріалу в

вертикальному перерізі і для розрахунку технологічних показників і параметрів.

Серед зарубіжних моделей, найбільш відома і досконала математична модель «Профіль» фірми АТ «Тіссен сталь» («THYSSEN STAHL AG»). До особливостей цієї моделі слід віднести:

- швидкість сходу шихти по радіусу задається в абсолютних одиницях (см / хв) у відповідних точках радіусу і перераховується програмно в відносні одиниці, або задається у відносних одиницях. Швидкість сходу шихти може бути задана кусочно-лінійною функцією. На основі заданого розподілу швидкостей сходу шихти, розраховується опускання шарів матеріалу на колошнику і в шахті печі як сход полігону (фігури) або руху потоків;

- допускається завдання кутів укосу матеріалів до осі α_1 і периферії печі α_2 . Причому кут укосу на периферії α_2 може бути постійним або задаватися в залежності від використовуваного у верхній позиції кута нахилу лотка;

- передбачено тільки рівномірний розподіл маси порції по кутовим положенням лотка;

- у моделі, для розрахунку руху шихтових матеріалів в печі використовуються траєкторії руху шихти в колошниковому просторі. При стандартній довжині лотка 3,5 м використовуються траєкторії, отримані експериментально на стенді фірми П. Вюрт. У випадках, коли довжина лотка суттєво відрізняється від стандартної, як на ДП-5 «Северстали», де встановлено лоток довжиною 5м, фірма запросила траєкторії у замовника. У цій моделі використані траєкторії, розраховані ІЧМ;

- вихідний профіль і шари матеріалів в печі для заданого циклу розраховуються шляхом ітерації. Спочатку вихідний профіль вважається горизонтальним і на нього вивантажуються і розсипаються шари матеріалу. Такий розрахунок виконується кілька разів (n ітерацій циклу) і після кожної ітерації порівнюються величини суміжних профілів. Коли максимальна різниця висот відповідних профілів стає менше заданої, розрахунок закінчується. Обсяг матеріалів після розсипання по кільцевим зонам

колошника повинен бути дорівнює обсягу завантажених матеріалів циклу. За рахунку без ітерації можливі помилки: втрата шару, великі недостачі за обсягом матеріалу;

- моделюється сегрегація матеріалу в кільцевих зонах колошника. В якості вихідних даних для сегрегації використовується фракційний-ний склад порцій шихтових матеріалів. При моделюванні сегрегації вивантажений шар ділиться на три зони: периферійна, зона траєкторії і осьова. Перша і третя зони - зони розсипання матеріалу. Друга зона - зона траєкторії - прийнята шириною 0,6 м. При моделюванні сегрегації вважається, що в першій і другій зонах грансклад відповідає середньому гранскладу порції. У напрямку осьової зони спостерігається найбільша сегрегація, так як тут відбувається протягом матеріалу по схилу. Передбачається, що на кордоні з другою зоною співвідношення дрібної та середньої фракції таке ж, як і в другій зоні, а у осі печі дрібні фракції відсутні. Розподіл дрібних фракцій в шарі ведеться за лінійним законом;

- можливість моделювання завантаження матеріалів як від периферії від осі печі, так і в зворотному напрямку;

- при зміні рівня засипу відповідно змінюється розбраті-поділ шихти по радіусу колошника печі;

- чи враховується опускання матеріалів в конічну частину шахти печі.

За результатами розрахунку моделі «ПРОФІЛЬ» перевіряються зміни побудованого профілю матеріалу і кути укосу верхнього шару. При існуючому нерівномірному розподілі швидкостей сходу шихти перед завантаженням наступної порції може відбуватися пересипання матеріалу по вихідному прошарку, однак повинен зберігатися граничний кут укосу.

У моделі «ПРОФІЛЬ» закладені результати досліджень як фірми «Тіссен сталь» (розрахунок профілю матеріалу з урахуванням розсипу по поверхні засипу), так і алгоритми і моделі інших. Автори моделі: Peters К.Н., Kreibich К., Mülheims К., Vachhofen Н. J. Математична модель фірми «Тіссен сталь», крім підсистеми «Профіль», включає наступне: модель визначення

кількості газу в кожному кільцевому перетині шахти з оцінкою граничної ступеня його використання в цих зонах і в цілому по печі, визначення меж зони плавлення, розрахунок витрати палива (коксу) з кільцевих зон і в цілому по печі. Однак широкого застосування ця математична модель на металургічних комбінатах країн СНД і зарубіжжя не отримала.

В роботі німецьких дослідників описана модель розподілу мас потоку шихтових матеріалів при сходженні з лоткового розподільника БЗП. Як зазначено в роботі, ширина зсипати з обертового жолоби матеріалу залежить від кута установки жолоба і, незалежно від виду матеріалу, досягає максимуму при 34 град. Причина цього, на думку дослідників, полягає в тому, що потрапляє на жолоб матеріал, в залежності від кута установки жолоба, підстрибує або зсипається. Матеріал, який підстрибує на жолобі, рухається в напрямку продольної осі жолоба, частина його, під дією сили Коріоліса, відтісняється до бічної стінки жолоба. При куті менше 34 град. переважає його зсипання. В перехідній області, де одночасно спостерігаються обидва види руху матеріалу, потік матеріалу складається з двох по-різному, що рухаються, потоків з відповідно більшою загальною шириною. Аналіз руху шихти по ребристому обертається лотку виконувався раніше і описаний в роботах вітчизняних вчених.

Кількісний розподіл по радіусу в горизонтальному перетині струменя показано на рис.3.1.

Розподіл мас матеріалу в перерізі потоку досліджувалося і роботах вітчизняних вчених на Новолипецькому металургійному комбінаті. В результаті експериментальних досліджень були отримані схожі розподілу мас по перетину потоку, однак, різкого з трансформаційних змін поведінки потоку матеріалів при куті нахилу розподільника 34 град виявлено не було.

Особливостям руху шихтових матеріалів на колошнику ДП і в колошниковому просторі до зустрічі з поверхнею засипу присвячена робота чеських вчених.

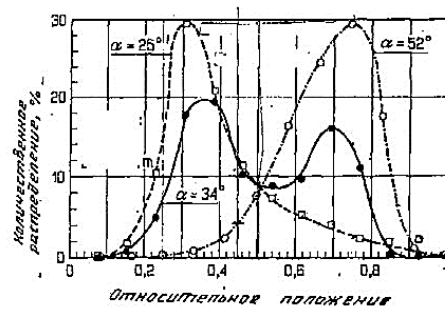


Рисунок 3.1 – Кількісний розподіл матеріалу в падаючій струмені при різному куті нахилу обертового лоткового розподільника шихти (точка заміру 180 град., матеріал - агломерат, рівень засипу - 2м, довжина лотка - 3,0м).

У цій роботі, як і в багатьох інших дослідженнях, рух потоку шихтових матеріалів було спрощено до руху однієї частинки, тобто не враховуючи взаємодію частинок. У моделі враховано вплив виду матеріалу, розміру частки матеріалу, кута нахилу лотка, частоти обертання, швидкості руху потоку колошникового газу і точки падіння матеріалу на розподільний лоток на траєкторії руху матеріалу до поверхні засипу. Модель використовувалася для розрахунку положення гребеня матеріалу з конкретно кутового положення лотка. Для розрахунків профіль поверхні засипу приймався горизонтальним.

Математична модель радіального розподілу шихти на колошнику, розроблена фірмою «ІТАЛСІДЕР», виходячи з параметрів завантаження, точок падіння, складу шихти і фізичних властивостей шихтових матеріалів (об'ємна щільність, кут природного укошу), дає можливість отримати на виході наступні параметри: діаграму радіального профілю кожної подачі, тенденцію зміни обсягу кожного компонента шихти (у відсотках) і рудного навантаження по радіусу, тенденцію зміни газопроникності шихти по радіусу. Модель також визначає наступні параметри розподілу шихти: процентний обсяг коксу в центрі, процентний обсяг коксу на периферії, радіус окружності, що обмежує центральну зону, зайняту лише коксом, якщо така є, збільшення коксового показника в центральній частині поперечного перерізу, збільшення площі, зайнятої коксом. Однак, в зарубіжних публікаціях практично відсутня

інформація про методах, що застосовуються для моделювання розподілу шихтових матеріалів на колошнику ДП, а також про використання результатів моделювання для оперативного управління завантаженням.

В СРСР перша повномасштабна модель контролю завантаження шихти в ДП, оснащена лотковим БЗУ, була реалізована в 1982 році вченими ВНІАЧермета і ІЧМ на ДП-6 НЛМК.

Математичним моделюванням розподілу шихтових матеріалів на колошнику ДП також займалися і японські дослідники .

В роботі описана методика створення математичної моделі розподілу шихти по радіусу ДП, а також результати експериментальної перевірки моделі та можливості її застосування. Модель була розроблена для оцінки розподілу шихти при вивантаженні її в ДП за допомогою лоткового БЗП. У ній враховані внутрішньо пічні параметри, що діють на розподіл шихти. Допущення, прийняті в моделі:

- розсіпання шихти по поверхні засипу формується послідовним нашаруванням передбачуваних одиничних обсягів шихтових матеріалів, на яке розбивається загальна подача матеріалу (розділена по числу оборотів лотка);
- сегрегація за розмірами зерен шарів, насипати з передбачуваних поодиноких обсягів, відбувається тільки в радіальному напрямку, а по висоті не відбувається;
- розподіл мас шихтових матеріалів всередині потоку, сходячи з лоткового розподільника шихти прийнято пікоподібним і симетричну, з максимальною масою на центральній лінії;
- вершина піку насипного шару не відповідає точці падіння шихти, вона зазвичай зміщена до стінки печі;
- при завантаженні залізородної частини шихти на кокс до 2-го обороту лотка обвалення коксу не відбувається;

- при завантаженні руди на третьому обороті лотка поверхневий шар коксу під стінами печі і на проміжному ділянці обрушується, сповзаючи до осі печі, а руда самопливом доходить до проміжного ділянки і утворює шар;

- поділ вивантажених шарів матеріалу по крупності частинок в радіальному напрямку змінюється в залежності від кількості вивантаженого матеріалу за кожен оборот лотка і товщини насипаного шару, швидкості газового потоку і т.п. ;

- сповзання дрібної фракції матеріалу до центру печі прямо пропорційно прискоренню сповзання під дією навантажених зверху шарів.

Моделювання профілю поверхні засипу, утвореного при вивантаження шихтових матеріалів в ДП йде в чотири етапи:

1) Єдиний обсяг залізовмісних матеріалів насипається в точку падіння, яка представляє собою точку перетину траєкторії падіння з обертового лотка (лінія, що проходить по осі падаючого потоку) з поверхнею раніше розвантаженого шару. Конфігурація поверхності шару коксу перед насипання залізовмісних матеріалів визначається з урахуванням змін, пов'язаних з розподілом швидкості газового потоку і розподілом швидкості опускання шихти. Розподіл швидкості газового потоку і швидкості опускання шихти представляється результатами вимірювань, отриманих в ДП;

2) Під дією маси розвантаженого залізорудного шару в шарі коксу настає стан, при якому, за припущенням авторів, виникає дугоподібна поверхню ковзання, а при новому насипання шару з первинної конфігурацією, коли дотримуються умови перерозподілу коксу (величина коефіцієнта безпеки, розрахованого для цієї поверхні ковзання досягає граничного значення) про- виходить його зрушення. Областю зсування вважається область, обмежена дугоподібної поверхнею ковзання, по якій відбувається переміщення коксу до центру печі під кутом, відповідному кутку внутрішнього тертя коксу;

3) При перерозподілі коксу до осі печі відбувається перерозподіл рудних мас в проміжних областях. Також відбувається пересип матеріалу на поверхні засипу відповідно до кута укосу матеріалу;

4) Виконується розрахунок розподілу розмірів частинок по радіусу печі для кожного обороту розподільного лотка. З використанням цього розподілу часток розраховують розподіл швидкості газового потоку при насипання кожного шару, і коригують профіль по поверхні засипу відповідно зі швидкостями газу. Далі проводиться коригування профілю поверхні засипу з урахуванням відносних зростання опускання шихти.

Така оціночна модель була застосована на ДП-1 в Мурорану. Дані по розподілу швидкостей сходу шихти і газового потоку бралися з САК завантаження. З метою полегшення знімання вихідних даних для моделювання були заздалегідь розраховані відносні швидкості газових потоків.

Моделі розглядають процес руйнування підкладки коксу при вивантаженні на нього залізовмісних матеріалів з використанням «теорії обвалу», який врахований в загальній математичній моделі формування поверхні засипу по радіусу колошника ДП. Згідно з цими моделями, стійкість похилій поверхні ковзання визначається силою зрізу, що діє на цьому схилі, і його силою опору. Шар коксу переміщається, якщо коефіцієнт ковзання менше 1. Ковзання коксу відбувається по дузі. Була зроблена спроба примінити розроблену модель до діючих доменних печей і отримані відповідні експериментальні значення коефіцієнта ковзання і ступеня стійкості шару коксу на похилій поверхні. Для застосування моделі зсування коксу найбільшу складність виникає з визначення радіуса дуги його ковзання. В роботі приводяться середні значення кута укусу для коксу в проміжних зонах до і після вивантаження залізовмісних матеріалів. Згідно з матеріалами роботи, явище обвалення знаходиться в набагато більшій залежності від тиску, насипати на шар коксу руди і опору шару коксу, ніж від маси вивантажених руди і сили її удару об поверхню засипу. Основні принципи моделей :

- масштаби зсування шару коксу залежать від режиму завантаження, що впливає на конфігурацію похилій поверхні шару коксу;

- кількість зміщеного коксу змінюється в діапазоні від 4 об'ємних% до 16 об'ємних% від загальної кількості завантаженого коксу;
- стан насипу коксу після перерозподілу залежить від розподілу по радіусу печі швидкості опускання шихти і швидкості газу;
- явище зсування коксу являє собою плоске ковзання під дією вантажу руди. Слід також відзначити модель польських дослідників [11], котра заснована на наступних припущеннях: швидкість сходу шихти вниз через відоме, рівень шихти в процесі завантаження однієї подачі не змінюється, кут нахилу поверхні шихти залежить тільки від виду матеріалу і прийнятої швидкості сходу шихти, сегрегація зерен матеріалів не повинна враховуватися.

У моделі різниця сходу шихти враховується шляхом вибору відповідного кута нахилу підстави, тобто профілю шихти перед загрузкою наступної порції. Обчислення профілю шихти полягає у визначенні-діленні форми перетину послідовних кілець, для чого використовується метод простих ітерацій. Результатом застосування моделі є коли-кількісний визначення розподілу матеріалів на колошником.

В роботі описується модель радіального розподілу шихтових матеріалів, яка враховує формування в осі змішаного шару (кокс + залізвмісні матеріали) в процесі перерозподілу коксу при вивантаженні на нього рудної частини шихти. У цій моделі також розраховується швидкість сходу шихтових матеріалів по радіусу ДП відповідно до технологічними параметрами доменної плавки.

Модель дозволяє визначити розподіл шихтових матеріалів по всьому перетину ДП з урахуванням газопроникності шарів шихтових матеріалів в сухий і в'язко пластичних зонах, теплового перерозподілу між фазами і стінками печі. Результати моделювання добре узгоджуються з показаннями мікрохвильового профілемера. Змішана порція (агломерат + окатиші) вивантажується як додатковий вид матеріала з механічними і хімічними властивостями агломерату і окатишей в частках їх участі у формуванні суміші.

У цій моделі також враховується сегрегація матеріалу під час його розвантаження з лотка. Результати дослідження сегрегації різних видів матеріалу наведено в роботі . Згідно з цими дослідженнями розподіл середніх частинок як агломерату, так і коксу по перетину потоку є рівномірним, тоді як розподіл великих і дрібних частинок в радіальному перетині потоку наближається до синусоїдальної форми.

Серед існуючих вітчизняних моделей радіального розподілу шихтових матеріалів в ДП , можна виділити три базових моделі. Вони відрізняються методичними підходами, об'ємом інформації, що використовується, структурою і змістом математичного апарату і особливостей подання вихідної інформації.

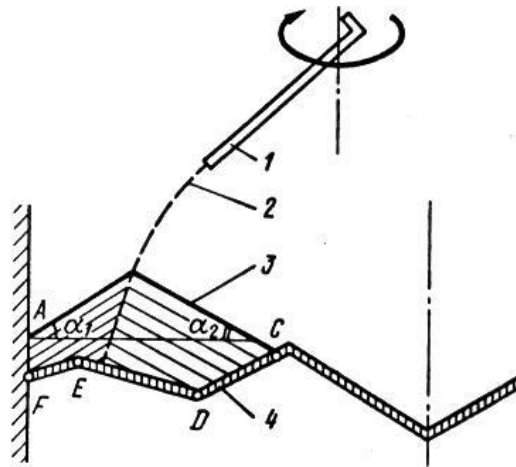
Модель ВНПАЧермет, введена на ДП-9 «Криворіжсталь» і ДП-6 НЛМК відрізняється найбільшим обсягом вхідної інформації, безпосередньо з печі. Вона включає розрахунок траєкторій руху частинок за методикою ІЧМ з урахуванням характеристик шихти і газового потоку і замкнений розрахунок розподілу обсягу вивантажується порції на вихідний профіль засипу з урахуванням розсипання, працює в темпі процесом завантаження печі. Достовірність результатів розрахунків з використанням цієї моделі визначається рядом спрощень припускає-пропозицій, які використовуються при розрахунку вихідного профілю, відсутністю результатів прямого виміру профілю і розподілу швидкостей сходу шихти по радіусу колошника і недостатньо надійним контролем за допомогою електромеханічних зондів опорних точок вихідного і кінцевого профілів поверхні засипу при завантаженні чергової порції. На основі моделі, введеної на ДП-6 НЛМК, пізніше розроблена САК завантаження для ДП-3 «Азовсталі». Однією з особливостей моделі на ДП-6 НЛМК було включення в її склад блоку розрахунку траєкторій руху шихти в газовому потоці колошникового простору. Досвід її використання показав, що розрахунок траєкторій в темпі з процесом забезпечує деяке уточнення розрахунків, так як дозволяє оперативно враховувати зміни дуття і газодинамічного режиму роботи печі, однак при

цьому істотно ускладнюється модель. На практиці зручніше використовувати пакет з декількох розрахованих заздалегідь траєкторій для різної інтенсивності дуття і використовувати їх в готовому вигляді. Розроблена в ДМетІ математична модель завантаження печі лотковим ЗП дозволяє отримувати кількісні характеристики Розподіливши компонентів шихти по перетину печі. В якості вхідних параметрів моделі використовуються: вид завантажуються матеріалів (агломерат, окатиші, кокс); маса порцій окремих компонентів шихти; насипна маса і кути укусу матеріалів; кутові положення лотка, при яких завантажуються в піч кожна порція матеріалу; рівень засипу; швидкість опускання шихтових матеріалів по радіусу печі; число і ширина кільцевих зон, для яких визначаються кількісні характеристики розподілу; число і послідовність порцій компонентів шихти в циклі; час завантаження порцій шихти в піч; розміри колошника печі; основні розміри ЗУ і характеристика режиму роботи лотка. Вихідними параметрами моделі є: значення рудних навантажень в кільцевих зонах перетину колошника; профіль поверхні засипу матеріалів після завантаження циклу порцій; еюра товщини шарів коксу і залізорудних матеріалів в вертикальному перерізі печі для циклу порцій шихти [17].

У всіх вітчизняних і ряді зарубіжних моделей використовуються траєкторії руху шихти по лотку завантажувального пристрою і в газовому потоці колошникового простору після сходу з лотка, розраховується по моделі ІЧМ шляхом вирішення системи диференціальних рівнянь. У моделі, запрограмованої на обчислювальному комплексі ДП-9, траєкторії апроксимувати поліномами у відповідності результатами розрахунку, виконаного у відділі машиноведення ІЧМ .

Точка зустрічі потоку матеріалів з поверхнею шихти визначається координатою, що збігається з радіусом печі, на якому траєкторія руху шихти перетинається з лінією профілю засипу. За профіль засипу на першій ітерації приймається зазвичай пряма лінія, а на наступних ітераціях - ламана лінія, що виходить в результаті розрахунку профілю шихти на попередній ітерації, з

урахуванням впливу режиму завантаження та розподілу швидкостей опускання шихти по радіусу печі. Вплив форми задається вихідного профілю на результати розрахунків практично зникає вже на другий-третій ітераціях.



: 1 - лоток завантажувального пристрою; 2 - траєкторія потоку шихти; 3 - новий профіль поверхні шихти; 4 - вихідний профіль поверхні засипу.

Рисунок 3.2 - Схема розташування на колошнику порції шихти, що завантажується в піч, що обертається лотком

Основні положення моделі:

- після зустрічі з поверхнею шихти, зсипуючий з лотка матеріал утворює навколо осі печі фігуру обертання, що має у вертикальному перерізі багатокутник ABCDEF (рис.3.2). Координати точок А і Б визначаються шляхом послідовних наближень з умови, що обсяг утворилася фігури обертання дорівнює обсягу порції завантаженого матеріалу;

- кути α_1 та α_2 задаються для кожного з завантажуваних матеріалів;

- розрахунки проводяться для всіх частин порції матеріалу, завантажуваних в піч при різних кутових положеннях обертового лотка. Визначається, скільки матеріалу даного виду потрапило в кожне з кільцевих перетинів, і розраховується їх сход в шахту ДП на заданий рівень висипу по осі опускання зондів;

- процес розрахунку триває до тих пір, поки не буде вичерпано весь цикл завантаження.

В кінці циклу визначаються рудна навантаження в окремих кільцевих перетинах і остаточна форма профілю засипу. У моделі завантаження, розробленої для ДП-9, передбачена можливість контролю форми профілю засипу також і після завантаження кожної з порцій матеріалу.

Модель ГЧМ, випробувана на ДП-9 комбінату «Криворіжсталь» встановлена на ДП-6 НЛМК і в САУ ДП-5 ВАТ «Северсталь», відрізняється тим, що при розрахунку розподілу рудних навантажень і обсягів шихти по радіусу колошника використовуються розраховані, з урахуванням газового потоку, траєкторії руху шихти і фактичні дані про роботу лоткового розподільника. Розробка цієї моделі почалася в 1974 р. зі створення методики розрахунку траєкторій руху шихти в газовому потоці Колошникового простору для конусної завантаження. У 1980 р. створена модель руху частинок по лотку і далі в колошниковому просторі. У 1984 р. вона була доповнена алгоритмом розподілу шихти на поверхні засипу. У 1995 р. розробка цієї моделі була завершена з уточненнями прийнятих припущень на основі проведених досліджень і розрахунків і створенням моделі радіально-окружного розподілення шихти, що дозволяє врахувати окружну нерівномірність, виникаючу при використанні лоткового розподільника шихти. В даний час модель радіального розподілу шихти вдосконалена з урахуванням нових знань і результатів досліджень, і реалізована на ЕОМ з використанням сучасних інформаційних технологій. Моделювання розподілу рудних навантажень і обсягів шихти по радіусу колошника в цій моделі засновано на припущенні про те, що кожна частина порції шихти укладається тільки в ту кільцеву зону, в яку її спрямовує лотковий розподільник, і не перемішається в сусідні зони. Використання фіксованих показників роботи лоткового розподільника шихти визначили широке застосування цієї моделі для управління завантаженням. Важливою особливістю цієї моделі, що відрізняє її від інших є її оборотність, тобто вона дозволяє як контролювати завантаження за заданою програмою, так і визначати програму по заданому розподілу шихти.

Основне призначення моделі радіального розподілу шихти - розрахунок і оцінка параметрів розподілу шихтових матеріалів по радіусу колошника ДП як для існуючих, і для нових програм завантаження, оцінка впливу на розподіл шихти і вибір раціональних конструктивних і режимних параметрів роботи БЗП.

З урахуванням вище викладеного, виділимо наступні вимоги до математичних моделей розподілу шихтових матеріалів на колошником ДП:

- клас математичної моделі - дослідницька модель (для застосування в лабораторних умовах);
- облік закінчення шихтових матеріалів (особливо сумішей) при вивантаженні їх із бункерів, тобто послідовність вивантаження шарів матеріалу на провідний;
- розрахунок руху матеріалів по лоткового розподільника шихти від місця падіння до точки сходу з визначенням параметрів сходу матеріалу;
- розрахунок траєкторій руху матеріалів в колошниковому про-просторі для базових параметрів дугтя;
- облік рівня засипу матеріалу за двома зондам або профілю по діаметру з розрахунком відносної швидкості сходу матеріалу по радіусу колошника (краще за даними профілемера);
- моделювання процесу перерозподілу коксу при вивантаженні на нього залізистих матеріалів;
- формування структури вивантажених шарів матеріалу в продольному перетині.

Вихідними даними для моделі є:

- геометричні параметри ДП: діаметр і висота колошника, кут нахилу твірної шахти печі;
- геометричні та кінематичні параметри БЗУ: довжина, радіус перетину лотка, висота стінки лотка, висота підвісу і кутова швидкість обертання розподільника, кількість робочих кутових положень і кут нахилу лотка в

кожному положенні, діаметр центральної труби БЗУ і її зміщення відносно осі підвісу лотка;

- характеристики шихтових матеріалів (коксу, агломерату, окатишей): насипні ваги і щільність, коефіцієнти опору по поверхні лотка, кути укосу, розподіл маси матеріала по перетину потоку, що сходить з лотка, розмір основних фракцій;

- параметри колошникового газу (тиск, температура, швидкість).

Вихідними даними моделі радіального розподілу шихти являються:

- радіальний розподіл мас, обсягів матеріалів і рудних навантажень в кільцевих зонах колошника;

- розподіл товщини шарів матеріалів по радіусу;

- профіль поверхні засипу і картина укладання шарів матеріалів по радіусу і висоті печі при завантаженні циклу порцій з урахуванням зміщення поверхні коксу під дією ваги вивантажені на кокс рудної порції і опускання матеріалів печі з заданим розподілом швидкостей сходу по радіусу.

Радіальний розподіл матеріалів в моделі розраховується для заданого числа рівновеликих кільцевих зон колошника, відповідаючи числу робочих кутових положень розподільника БЗУ. Модель радіального розподілу шихти передбачає усереднене по окружності радіальний розподіл матеріалів, однакове у всіх секторах окружності колошника. Крім інтегральних характеристик розподілу матеріалів на колошником, модель радіального розподілу шихти дозволяє розрахувати:

- характеристики руху окремої частки потоку матеріалу по розподільника;

- швидкість, кут повороту перетину потоку щодо осі лотка;

- кут вильоту частинки при сходженні з лотка;

- траєкторії потоку в колошниковому просторі;

- радіуси падіння на поверхню засипу;

- ширину потоку;

- висоту зустрічі зі стінкою колошника.

Ці характеристики використовуються для вибору конструктивних і режимних параметрів розподільників БЗП (довжини, робочих кутових положень розподільника).

Радіальний розподіл шихти моделюється для будь-якої заданої програми завантаження і режимів роботи ЗП ДП, вивантаження і розподілу шихтових матеріалів при русі їх по трактах ЗП, розподільника і в газовому потоці колошникового простору до поверхні засипу. Моделюється рух матеріалу від шихтового затвора по похилій тійці і центральній труби до поверхні лотка; рух по обертальному розподільника і схід з його поверхні; політ в протиток колошникового газу і падіння на поверхню засипу; рух і розподіл матеріалу по поверхні засипу; опускання матеріалів в печі про урахуванням заданого радіального розподілу швидкості сходу шихти.

Основні допущення, прийняті в моделі:

- для формування профілю поверхні засипу за цикл завантаження в якості вихідного приймається рівний профіль поверхні засипу. Побудова реального профілю поверхні засипу за цикл завантаження відбувається за рахунок 4-х кратного повторення процесу побудови профілю поверхні засипу, так як прийнято, що профіль стабілізується на 3-му - 4-му повторенні;

- приймається, що за час вивантаження однієї порції не відбувається істотного сходу шихтових матеріалів;

- після закінчення вивантаження, шар матеріалу опускається до рівня засипу, досягнення якого визначається відстанню поверхні матеріалу в периферійній зоні від технологічного нуля;

- розрахунок траєкторій руху шихтових матеріалів в колошниковому просторі виконується з урахуванням заданих параметрів дуття;

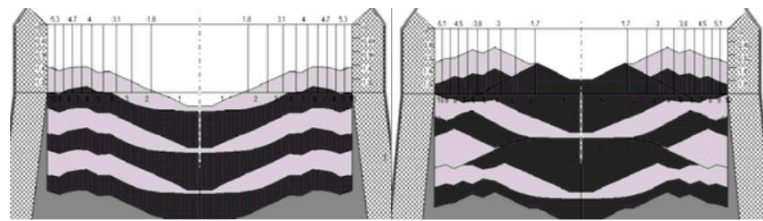
- швидкість матеріалу в точці його падіння на лоток приймається нульовій;

- не ведеться розрахунок траєкторій польоту матеріалу в колошниковому просторі при пересипанні його через борт лотка, а видається лише діагностичне повідомлення;

- процес перерозподілу коксу відбувається при вивантаженні залізомістких матеріалів на кокс при досягненні куту укосу профілю критичних значень.

Результати моделювання представлені на рис.3.3 (а, б).

Розроблена в ІЧМ математична модель застосовується для розподілу шихтових матеріалів на колошником доменної печі для типових програм завантаження ДП-5 ВАТ «Северсталь» і ДП-9 АТ КГМК «Криворіжсталь».



а)		б)	
Умовні позначення			
	залізомісткі матеріали		кокс;
			Початковий профіль

а) ДП-5 ВАТ «Северсталь»; б) ДП-9 ВАТ КГМК «Криворіжсталь».

Рисунок 3.3 – Модельний розподіл матеріалів по радіусу колошника доменної печі

Для перевірки адекватності моделювання була проведена кореляція розподілу рудних навантажень по радіусу колошника доменної печі з розподілом виміряного вмісту CO_2 в колошниковому газі. В результаті такої перевірки, проведеної в ІЧМ при аналізі результатів моделювання, отримано, що для програм завантаження, типових для комбінату ВАТ «Северсталь» коефіцієнт кореляції склав в середньому 0,8, тоді як для програм завантаження, типових для «Криворіжсталі» - всього 0,65. Такий розбіг коефіцієнтів кореляції обумовлений зміною розподілу CO_2 по радіусу печі при вивантаженні різних порцій матеріалу в рамках складної програми циклу завантаження, що підтверджують дослідження, проведені ІЧМ на

«Криворіжжсталі». У цих дослідженнях проводилися виміри складу колошникового газу через короткі інтервали часу. В результаті вимірювань було встановлено, що вміст CO_2 в колошниковому газі істотно змінюється після вивантаження чергової порції матеріалів.

Моделювання розподілу шихти на колошником є невід'ємною частиною інструментарію для дослідження руху газів, хімічних реакцій і теплообміну, параметрів зони плавлення. Сучасні моделі використовуються для вибору раціональних режимів роботи печі з метою досягнення максимальної продуктивності при мінімальній витраті коксу і збільшення тривалості між ремонтних періодів.

Математичне моделювання розподілу шихтових матеріалів по радіусу колошника необхідно для визначення структури стовпа шихти в шахті доменної печі, і його змін при різних режимах роботи, розрахунку товщини шарів і розподілу часток в шарі за видом матеріалу та за крупності, розподілу рудних навантажень і порожності шару по радіусу і окружності колошника. Мета моделювання - дослідження процесів завантаження шихти, оцінка різних технічних рівнів, вдосконалення управління ходом печей і математичних моделей.

Моделі і одержувані з їх допомогою результати повинні трансформуватися для вирішення різних технічних завдань на печах різного об'єма з використанням різних конструкцій системи завантаження. Моделі радіального розподілу такого призначення повинні належати до класу дослідних моделей. Моделі для роботи в складі АСУТП доменної печі повинні включати моделювання процеси плавки і визначати оптимальні керуючі впливу з використанням методів штучного інтелекту [18, 20].

3.2 Фізична постановка задачі

Для реалізації даного заходу в САУ БЗУ ДП №3 необхідно задати раціональні набори робочих кутів нахилу лотка, обраних системою

управління в залежності від фактичного рівня засипу шихти.

У складі системи управління БЗП ДП №3 можливість коригування кута нахилу лотка від фактичної величини рівня в печі передбачена, проте застосовувані в теперішній час параметри даного режиму не забезпечують його високу ефективність через надмірно великого кроку зміни рівня засипу становить 2,0 м.

За основу взята модель розроблена ІЧМ яка включає в себе розрахунок кутових положень розподільного лотка у горизонтальній площині, що забезпечує зміну кутів нахилу при різному рівню засипу в печі, а також знаходження зон з підвищеною температурою колошникових газів що означає не рівномірність профілю завантаження.

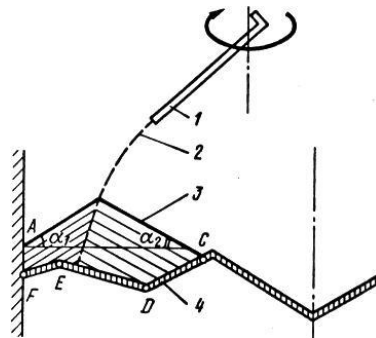
Метою винаходу є стабілізація ходу доменної плавки за рахунок зниження нерівномірності газового потоку в печі і вирівнювання профілю засипу по колу колошника.

Рівномірний окружне розподіл шихти забезпечується зміною початку вивантаження порцій коксу і залізовмісних матеріалів послідовно і попарно від рівномірно розташованих по колу колошника гаражних положень.

Контроль розподілу і сходу матеріалу на колошнике доменної печі здійснюється за показаннями рівнемірив, периферійних термопар, термовізора, за розподілом температури, газу CO_2 і CO по радіусах печі. Аналіз траєкторій руху шихтового матеріалу від обертового розподільного лотка до поверхні засипу показав, що при зміні рівня засипу відбувається суттєве зміщення точок перетину траєкторій з поверхнею засипу шихти в печі. Зниження рівня засипу на 0,5 м викликає виключення однієї кільцевої зони і зміщення інших кільцевих зон до периферії на 0,3 м - 0,4 м, що в свою чергу призведе до порушення радіального розподілу матеріалів, його додатковому дробленню і погіршення ходу доменної печі. Тому при виявленні стійкого відхилення рівнів засипу по колу колошника більш ніж на 0,5 м, не викликаного різницею швидкості сходу матеріалу в печі по колу і іншими причинами, на підставі узагальнення даних інших контролюючих систем визначають зону відхилення

зі зниженим рівнем засипу. В цьому випадку вивантаження порцій коксу і залізовмісних матеріалів з бункерів починають відкриванням шихтового затвора в гаражних положеннях, розташованих між точками по колу колошника, віддаленими від початку і кінця зони відхилення в напрямку, протилежному обертанню розподільника, на кут φ .

При рівномірному упусканні рівні засипу доменній печі необхідно корегувати кути нахилу з кроком кожні 0,5 м. У складі системи управління БЗУ ДП№3 можливість коригування кута нахилу лотка від фактичної величини рівня в печі передбачена, проте застосовувані в теперішній час параметри даного режиму не забезпечують його високу ефективність через надмірно великого кроку зміни рівня засипу - 2,0 м [20, 21].



1 - лоток завантажувального пристрою; 2 - траєкторія потоку шихти; 3 - новий профіль поверхні шихти; 4 - вихідний профіль поверхні засипу.

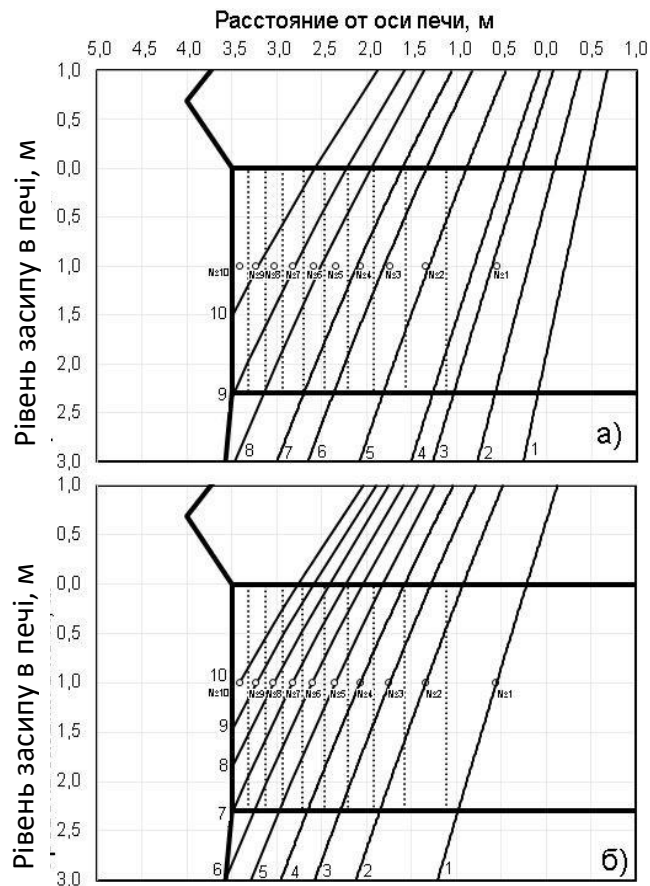
Рисунок 3.4 - Схема розташування на колошнике порції шихти, що завантажується в піч, що обертається лотком

З урахуванням вищевикладеного, виділимо наступні вимоги до математичних моделі розподілу шихтових матеріалів на колошником ДП:

- розрахунок руху матеріалів по лоткового розподільника шихти від місця падіння до точки сходу з визначенням параметрів сходу матеріалу;
- розрахунок траєкторій руху матеріалів в колошниковому просторі для базових параметрів дуттєвого режиму;

- облік рівня засипу матеріалу за двома зондам або профілю по діаметру з розрахунком відносної швидкості сходу матеріалу по радіусу колошника;
- формування структури вивантажених шарів матеріалу в поздовжньому перерізі.

Нижче на рис. 3.5 представлено розрахункові траєкторії падіння шихтових матеріалів в колошниковому просторі доменної печі



а – кути нахилу лотка DanieliCorus; б – скореговані кути нахилу

Рисунок 3.5 - Розрахункові траєкторії руху шихтових матеріалів в колошниковому просторі ДП №3

3.3 Розробка моделі для розрахунку кутів нахилу лотка безконусного завантажувального пристрою

За допомогою вище викладеного матеріалу в середовищі Matlab була розроблена модель розрахунку кутів нахилу розподільного лотка БЗП для

різних рівнів засипу шихти в доменній печі. Суть роботи даної моделі в наступному: аналіз рівня засипу, внесення корегування при зміні рівня засипу в набір кутів нахилу. Для формування рівномірного профілю завантаження. Нижче наведено програму в середовищі Matlab.

$$l_i = \frac{\sqrt{v^2 + nh}}{R_i g + t}, \quad (3.1)$$

де n - швидкість обертання розподільного елемента, хв^{-1} ;

t - час формування на розподільному елементі потоку шихти, що відраховується від початку відкриття шихтового затвора, с;

V - вертикальна складова швидкості сходу потоку шихти з розподільного елемента, м / с;

H - висота від розподільного елемента до поверхні засипу в печі, м;

g - прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$, при цьому при різниці швидкостей сходу матеріалу в зоні відхилення і решті частини кола колошника не більше 1,4;

R_i – радіус i -тої кільцевої зони.

$$v = \sqrt{2gh + v_{zo}^2}, \quad (3.2)$$

де H - висота від розподільного елемента до поверхні засипу в печі, м;

g - прискорення вільного падіння, $\text{м} / \text{с}^2$, при цьому при різниці швидкостей сходу матеріалу в зоні відхилення і решті частини кола колошника не більше 1,4;

V_{zo} – вертикальна швидкість сходу шихти з лотка.

$$Deg = asind\left(\frac{m_{impact}}{l_{impact}}\right), \quad (3.3)$$

де m_{impact} – точка падіння матеріалу на поверхню засипу ;

l_{impact} – шлях матеріалу від початку лотка до падіння на поверхню шихти.

Зниження рівня засипу на 0,5 м викликає виключення однієї кільцевої зони і зміщення інших кільцевих зон до периферії. Точки падіння матеріалу є серединою кільцевої зони і оптимальним місцем падіння потоку матеріалу при вивантаженні. В додатку А представлено прикладну програму розрахунку кутів нахилу БЗП. Значення кутів нахилу виводяться в розроблений екран, який представлений на рис. 3.6.

В подальшому, нові кути нахилу необхідно додати в проект контролера управління роботою БЗП, при необхідності додати нову секцію управління

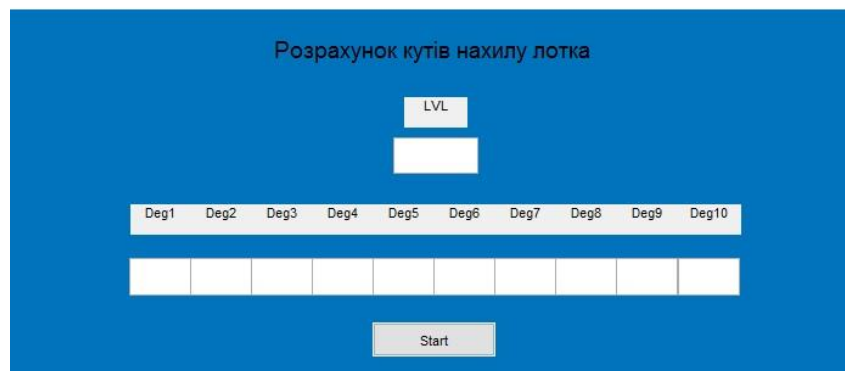


Рисунок 3.6 - Екран кутів нахилу

Оптимізація розподілу шихти в доменній печі є важливим засобом досягнення високої продуктивності при мінімальній витраті коксу і збільшення тривалості міжремонтних періодів роботи.

Математичне моделювання розподілу шихтових матеріалів по радіусу колошника необхідно для визначення структури стовпа шихти в шахті доменної печі, і його змін при різних режимах роботи, розрахунку товщини шарів і розподілу часток в шарі за видом матеріалу та за крупності, розподілу рудних навантажень і порожності шару по радіусу і окружності колошника. Мета моделювання - дослідження процесів завантаження шихти, оцінка різних технічних рівнів, вдосконалення управління ходом печей і математичних моделей.

4 АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ БЗП В УМОВАХ ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» ТА АСУТП ЗАВАНТАЖЕННЯ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ НА УКРАЇНИ ТА ЗАРУБІЖЖІ

4.1 Реалізація автоматизованої системи управління безконусним завантажувальним пристроєм

Для реалізації АСУ БЗП використовуються технічні засоби, які дозволяють забезпечити швидку розробку проекту, їх виготовлення і поставку, виконання передпускових робіт і пуску об'єктів, а також високу надійність при експлуатації в умовах доменного виробництва.

АСУ є багаторівневою системою. У ній представлені наступні рівні обробки інформації і управління :

1) рівень 0 - введення-виведення інформації (Input/Output Level, датчики виконавчі механізми, що регулюють органи);

2)рівень 1:

а) контролю і управління (Control Level, PLC,) - збір і обробка даних, безпосереднє управління, ґрунтовані на використанні датчиків, програмних регуляторів, схем логічного управління і керованих виконавчих механізмів;

б) візуалізації і оперативного управління (SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition) - формування, відображення оперативної інформації і оперативне управління технологічним процесом і устаткуванням;

3)рівень 2 - управління по моделях експертних систем.

На рівні 1 реалізуються завдання обробки вхідної інформації і даних, а також формування вихідної інформації систем, що управляє і оперативної, на рівні 2 реалізуються завдання обробки вхідної інформації і даних, формування вихідної інформації систем.

Система включає:

- серійні датчики і первинні перетворювачі вхідної інформації, виконавчі

механізми, що регулюють органи і інше устаткування КВПіА;

- технічні засоби програмно-технічного комплексу (ПТК).

ПТК включає:

- розподілені системи введення/виведення
- ПЛК –«Schneider Electric»(для найважливіших контурів регулювання застосовується технологія гарячого резервування);
- робочі станції на базі промислових РС SIMATIC (Siemens);
- резервовані сервери додатків і баз даних виробництва Hewlett - Packard;
- сервер демілітаризованої зони для забезпечення додаткового рівня безпеки в локальній мережі;
- активне мережеве устаткування - виробництва Cisco; комунікаційні мережі, що об'єднують між собою станції видаленого збору інформації і контроллери;
- єдину комунікаційну мережу рівнів контролю, управління і візуалізації, що об'єднує між собою усі контроллери системи, сервісні станції, що резервуються півночі баз даних і додатків (у тому числі для зв'язку з суміжними і локальними системами автоматизації), сервер демілітаризованої зони;
- ліцензійні програмні засоби (операційні системи і стандартне програмне забезпечення сервера баз даних і додатків, операторських станцій);
- інструментальні засоби програмування PLC, з панелей операторів;
- інструментальні засоби програмування робочих і сервісних станцій (SCADA- системи).

Інформаційний обмін в системі здійснюється:

- електричними дискретними сигналами;
- електричними аналоговими сигналами;
- цифровими даними по комунікаційних мережах.

У ПТК реалізуються наступні функціональні підсистеми:

- збір, первинна обробка і розподіл інформації, що отримується на

підставі сигналів, що вводяться, внутрісистемних цифрових даних і даних обміну інформацією з суміжними і вищестоящою системами;

- представлення інформації і взаємодія користувачів з ПТК;
- забезпечення дистанційного керування виконавчими механізмами і устаткуванням;
- автоматичне управління і регулювання;
- пуск, останов взаємозв'язаного устаткування;
- реалізації логічних структур управління електроприводами технологічного устаткування і механізмів;
- технологічні захисту і блокування;
- інформаційно-обчислювальна, реалізуюча алгоритми розрахункових функцій, накопичення, архівації інформації;
- інструментальна (для супроводу системи, налаштування застосовних програм, внутрішньомашинної інформаційної бази, програмування).

Внутрісистемний комунікаційний обмін здійснюється по мережі Ethernet (Industrial Ethernet) Зв'язок з суміжними і вищестоящою системами організовується по комунікаційній мережі Ethernet.

У системі планується застосування наступних стандартних і ліцензійних програмних засобів:

- 1) базових - операційні системи :
 - а) Windows 7 Ultimate (64 - bit) English для АРМ робочих станцій;
 - б) Windows Server 2008 R2 SP1 Standard Edition, 5 Client, 64bit, MUI English для сервера;
- 2) сервісних:
 - а) антивірусної програми ESET NOD32;
 - б) офісного пакету Microsoft Office 2010;
- 3) інструментальних:
 - а) UnityPro XL для конфігурації, налаштування параметрів, програмування, діагностики і обслуговування PLC «Shneider Electric»;
 - б) SCADA Factory Talk View Site Edition виробництва Rockwell

Automation для вирішення усіх завдань людино-машинного інтерфейсу.

Для організації обміну даними по мережі Ethernet рекомендується застосування протоколів :

- FastEthernet - між серверами і робочими станціями, до принтерів;
- GigabitEthernet - між комутаторами;
- Ethernet/IP - між контроллерами і серверами.

Режим функціонування в цілому і що входить до її складу систем - автоматизованого.

У ПТК передбачається два види функціонування :

OFF LINE - контролю стану процесів і основного устаткування (використовується при ремонтах, наладках);

ON LINE - контролю і управління технологічними процесами і основним устаткуванням.

При OFF LINE здійснюється введення вхідних сигналів і даних, їх обробка, представлення оперативної інформації без формування і виведення на процеси дій (вихідних сигналів на виконавчі механізми і пристрої), що управляють.

При ON LINE здійснюється введення вхідних сигналів, даних, їх обробка, представлення оперативної інформації, формування і виведення на процес дій (вихідних сигналів на виконавчі механізми і пристрої), що управляють, відповідно до функціонуючих алгоритмів.

У системі передбачаються наступні режими:

- нормальний режим функціонування;
- аварійний режим функціонування.

Основним є нормальний режим.

У нормальному режимі функціонування :

- клієнтське програмне забезпечення і технічні засоби робочих станцій забезпечують можливість цілодобового функціонування сім днів в тиждень;
- серверне програмне забезпечення і технічні засоби серверів забезпечують можливість цілодобового функціонування з перервами на

обслуговування;

- справно працює устаткування, що становить комплекс технічних засобів (КТС) ПТК;

- справно функціонує системне, базове і прикладне програмне забезпечення системи.

Аварійний режим функціонування системи має місце при відмові одного або декількох компонент програмного і (чи) технічного забезпечення.

У разі переходу системи в аварійний режим необхідно:

- завершити роботу усіх застосувань зі збереженням даних;
- вимкнути робочі станції операторів;
- вимкнути усі периферійні пристрої;
- виконати резервне копіювання БД.

Після цього необхідно виконати комплекс заходів по усуненню причини переходу системи в аварійний режим.

У АСУ передбачаються наступні режими управління виконавчими механізмами і електроприводами технологічного устаткування:

- місцевий;
- дистанційний;
- автоматичний.

Місцевий режим використовується при налагоджувальних і ремонтних роботах.

При дистанційному режимі управлінні здійснюється управління положенням виконавчих механізмів систем регулювання технологічних параметрів на підставі тих, що вводяться через засоби введення операторських станцій даних оперативного управління. При цьому підтримується увесь комплекс необхідних технологічних зашит.

При автоматичному режимі управлінні формування і виведення дій, що управляють, на пускові облаштування електроприводів і виконавчі механізми систем регулювання здійснюється відповідно до алгоритмів функціонування систем АСУ.

Вибір режимів управління виконавчими механізмами здійснюється оперативно-технологічним персоналом.

У АСУ повинна передбачатися апаратна і алгоритмічна (програмна) діагностика технічних засобів.

Апаратна діагностика стану технічних засобів - наявна самодіагностика у вживаних технічних засобах.

Алгоритмічна (програмна) діагностика технічних засобів реалізується застосовними програмами з виведенням відповідної оперативної інформації на підставі рішення завдань :

- контроль достовірності вхідних аналогових сигналів;
- контроль достовірності вхідних альтернативних дискретних сигналів;
- контроль відробітку сформованих дій, що управляють;
- контроль даних оперативного управління, що вводяться.

При цьому необхідно розробити зручний інтерфейс для можливості перегляду діагностичних подій, моніторингу процесу виконання програм. При виникненні аварійних ситуацій, або помилок в програмному забезпеченні діагностичні інструменти повинні дозволяти зберігати повний набір інформації, необхідної розробникові для ідентифікації проблеми (знімки екранів, поточний стан пам'яті, файлової системи і тому подібне).

4.2 Технічне забезпечення системи

Технічне забезпечення системи складається з технічних засобів ПТК, засобів КВПіА, керованих виконавчих механізмів і приводів.

Для індикації обрано вимірювач-регулятор ТРМ1, представлений на рис. 4.1.



Рисунок 4.1 - Вимірювач-індикатор ТРМ1

Одноканальний універсальний вимірник - регулятор ТРМ1 призначений для виміру, реєстрації або регулювання температури (терморегулятор) тиску, вологості, витрати, рівня. Клас точності від 0,5% до 0,25%. Регулятор ТРМ1 випускається в корпусах 3-х типів: настінному Н і щитових Щ1, Щ2 і для монтажу на 35 мм DIN- рейку.

Основні функції вимірника-регулятора (терморегулятора) трм- 1:

- 1) Універсальний вхід для підключення широкого спектру датчиків температури, тиску, вологості, витрати, рівня і т. п.
- 2) Регулювання вхідної величини :
 - а) двопозиційне регулювання;
 - б) аналогове П-регулювання.
- 3) Цифрова фільтрація і корекція вхідного сигналу, масштабування шкали для аналогового входу.
- 4) Обчислення і індикація квадратного кореня з вимірюваної величини (наприклад, для регулювання миттєвої витрати).
- 5) Вихідний сигнал струму 4...20 мА для реєстрації вимірюваної величини (модифікація за типом виходу І).
- 6) Можливість управління трифазним навантаженням (модифікація за типом виходу С3).
- 7) Імпульсне джерело живлення 90...245 В 47...63 Гц.
- 8) Програмування кнопками на лицьовій панелі приладу.
- 9) Збереження налаштувань при відключенні живлення.
- 10) Захист налаштувань від несанкціонованих змін [10].

В якості ручного керування обрано прилад БРУ15, представлений на рис. 4.2.



Рисунок 4.2 - Блок ручного керування БРУ15

Блок ручного управління БРУ призначений для використання в локальних і комплексних системах промислової автоматизації виробничих процесів в якості станції ручного управління імпульсними виконавчими механізмами або ручного задатчика імпульсних сигналів більше-менше з індикацією [10].

Для вимірювання температури редуктора використано датчик ОРТИТЕМП ТСА-F13, представлений на рис. 4.3.



Рисунок 4.3 – Датчик температури ОРТИТЕМП ТСА-F13

ОРТИТЕМП ТСА-F13 являє собою фланцевий датчик температури з термопарою і прямим звареним складовим термокарманом (форма 2F) з горловиною. Промисловий датчик температури для стандартних застосувань підходить для вимірювання температури сипучих речовин, рідин і газів, показники тиску і швидкості потоку яких від низьких до середніх, в трубопроводах і резервуарах. Він розроблений для експлуатації при температурі до $+ 600^{\circ} \text{C}$. Певним перевагою даного типу датчика є можливість використання компонентів, що контактують з вимірюваним середовищем, з покриттям (наприклад, з ПТФЕ), що робить його стійким до впливу агресивних середовищ. ОРТИТЕМП ТСА-F13 доступний з сертифікатами АТЕХ і ІЕСЕх [9].

Для вимірювання витрати азоту та технічної води на охолодження редуктора використано датчик ОРТИFLUX4300, представлений на рис. 4.4.



Рисунок 4.4 – Датчик витрати OPTIFLUX4300

Технічні характеристики:

1) Похибка:

- а) $\pm 0,55\%$ при швидкості 0,3 ... 1,0 м/с;
- б) $\pm 0,3\%$ при швидкості 1,0 ... 5,0 м/с;
- в) $\pm 0,25\%$ при швидкості 5,0 ... 12,0 м/с.

2) Ступінь пиловологозахисту IP66, 67

3) Електропровідність: ≥ 1 мкСм / см (вода ≥ 20 мкСм / см) [9].

Енкодер положення лотка завантажувального пристрою OSICODER, представлений на рис. 4.5.

Інкрементний енкодері Osicoder: служать для розрахунку положення і / або швидкості шляхом відліку імпульсів на оборот.

- Багатообертові енкодері абсолютного кутового положення Osicoder: зчитують положення в оберті і видають індикацію кількості обертів

- Отримані від багатооберткових кодових датчиків абсолютного кутового положення Osicoder: зчитуються положення і/або швидкості через інтерфейс зв'язку CANopen або PROFIBUS-DP [12].



Рисунок 4.5 –Енкодер положення OSICODER

В якості виконавчих механізмів використовуються гідромотори з зовнішнім зачепленням - ALM1, представлений на рис. 4.6.



Рисунок 4.6 – Гідромотор з зовнішнім зачепленням - ALM1

Шестеренні гідромотори з зовнішнім зачепленням - ALM1 Duplomatic Hydraulics Oleodinamica.

Шестеренні гідромотори з зовнішнім зачепленням - це складові гідросистем, в яких потрібно передавати крутний момент. Вал ведучого колеса, проєктований на відстані від фланця, закріплюється кільцем ущільнювача, в парі з металевим. Корпус спрофільовані за допомогою лиття, тоді як кришка і фланець отримані за допомогою лиття під тиском, всі частини зроблені з високоміцного алюмінієвого сплаву для зменшення деформації при високому тиску.

Колеса виробляються зі спеціальних сталей. Процес їх виробництва включає в себе цементацию і загартування. Потім колеса притираються і

шліфуються для отримання високої якості чистоти поверхні. Потрібний профіль зуба і геометричні пропорції забезпечують низький рівень пульсації і шуму [13].

Для зміни кута нахилу лотка застосовані гідравлічні циліндри НСЗ, представлені на рис. 4.7.



Рисунок 4.7 – Гідравлічний циліндр НСЗ

Переваги гідроциліндрів НСЗ: матеріали, що використовуються, забезпечують особливу міцність даних гідроциліндрів, тому можуть застосовуватися в чорній металургії і сталеливарному виробництві.

Гідроциліндр представлений в п'яти різних монтажних виконаннях. Крім того, має широкий спектр додаткових пристосувань, що відповідають усім вимогам використання.

Робочі характеристики гідроциліндрів: номінальний робочий тиск 250 МПа; максимальна швидкість 15 м/с; максимальний хід 6000 мм; діапазон температур рідини від -20 C до $+80\text{ C}$ [13].

Управління технологічним процесом в автоматичному режимі реалізовано на базі ПЛК Schnieder Electric Quantum, візуалізація технологічного процесу виконується за допомогою SCADA системи Factorytalk. Всі данні про хід технологічного процесу й стан обладнання вводяться в контролер, де виконується обробка інформації та передається через OPC в скада систему та відображається на екрані оператора. Для прикладу обрано екран оператора завантаження та БЗП ДП-3 ПАТ «Запоріжсталь» В системі реалізовані наступні операторські екрани. Для

загального виду об'єкту та вихідних параметрів передбачено екран представлений на рис 4.8.

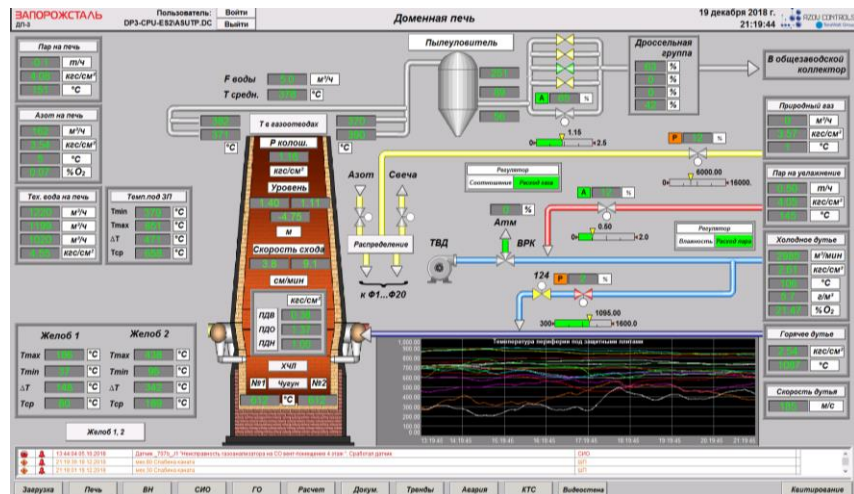


Рисунок 4.8 - Загальний екран управління ДП-3

На даному екрані реалізовані кнопки переходи на інші технологічні екрани оператора. На рис. 4.9 представлено екран управління завантаження ДП-3.

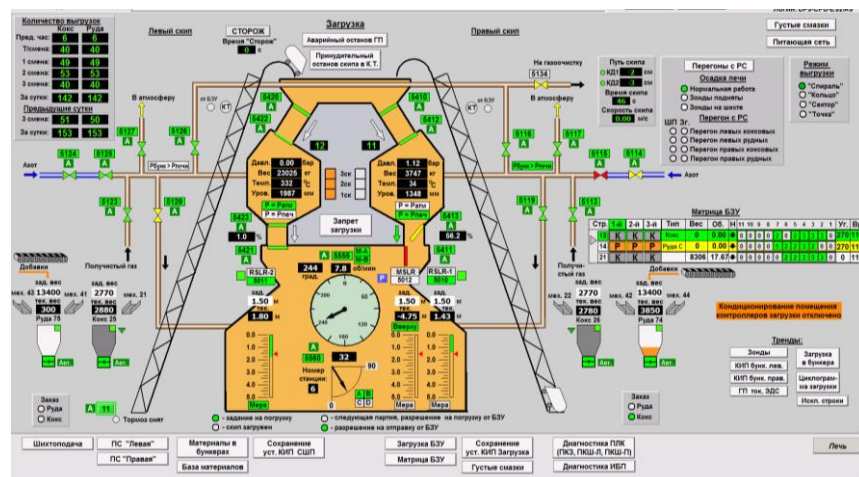


Рисунок 4.9 - Екран управління завантаженням

На цьому екрані оператор має можливість бачити хід завантаження та всі необхідні параметри. Для виводу аварійних повідомлень передбачено екран представлений на рис. 4.10.

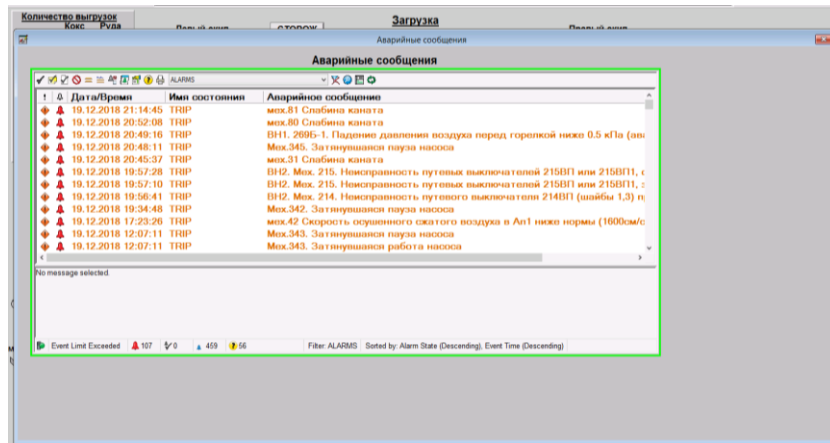


Рисунок 4.10 - Экран аварийных повідомлень

На цьому екрані вказується номер механізму та час коли сталася аварія. Для управління та візуалізацією ходу роботи БЗП також передбачений загальний екран представлений на рис 4.11.

На екрані оператор має змогу бачити стан і положення механізмів та хід виконання програми роботи БЗП. А також має змогу переходити на інші екрани.

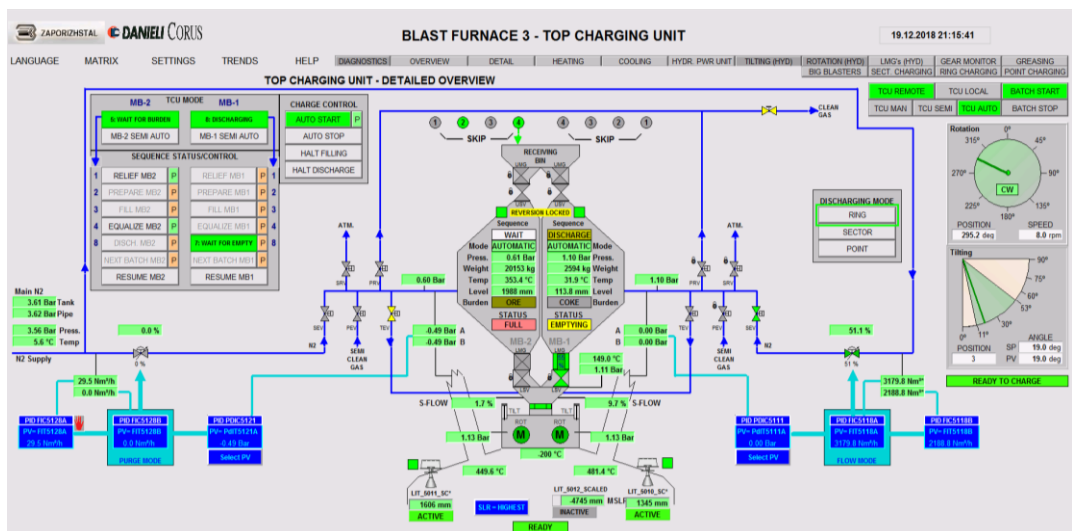


Рисунок 4.11 - Загальний екран БЗП

4.3 АСУ ТП доменної печі 3 ВАТ Уральська сталь

На металургійному комбінаті ВАТ «Уральська сталь» (р. Новотроїцька Оренбурзької області) впроваджено АСУ ТП доменної печі №3 на базі SCADA TRACE MODE 6.

Металургійний комбінат «Уральська Сталь» є інтегрованим російським виробником сталі. Лідируючий в Росії виробник штрипса, трубних заготовок і мостостали. Виробничі потужності підприємства розраховані на випуск більш 4 млн. тонн сталі в рік. Споживачами продукції металургійного комбінату «Уральська сталь» є підприємства Росії, Німеччини, Великобританії, Італії, Іспанії, Бельгії, Норвегії, Данії, Туреччини, Ірану, Китаю, Кореї, В'єтнаму, Тайваню і Таїланду. Розробка і впровадження АСУ ТП проводилася власними силами компанії.

Завданням автоматизації доменної печі № 3 металургійного комбінату стало створення АСУ ТП здатної контролювати основні технологічні параметри і управляти розподілом газу по фурмам. У доменному цеху металургійного комбінату "Уральська сталь", де передбачалося впровадження проекту, вже функціонувало обладнання по автоматизації технологічних процесів. Знаходяться в системі автоматизації контролери та реєстратори різних фірм, з яких більшість російських, мали різні інтерфейси обміну. Тому, при створенні АСУ ТП основним критерієм вибору SCADA стала можливість інтеграції великої кількості різноманітного обладнання в єдиний програмно-технічний комплекс. Приклад відеокадрів показано на рис. 4.12 та 4.13.

В АСУ ТП доменної печі використовувалося наступне обладнання:

- відеографічних реєстратор Ш9327 - 1 шт .;
- відеографічних реєстратор Ш9329 - 8 шт .;
- відеографічних реєстратор СХ2000 - 4 шт .;
- Контролер комерційного обліку ТЕКОН17 - 5 шт .;
- УСО Teconic 3101, 3702, 3601-4 - 6 шт .;
- Регулятори UPI-550.

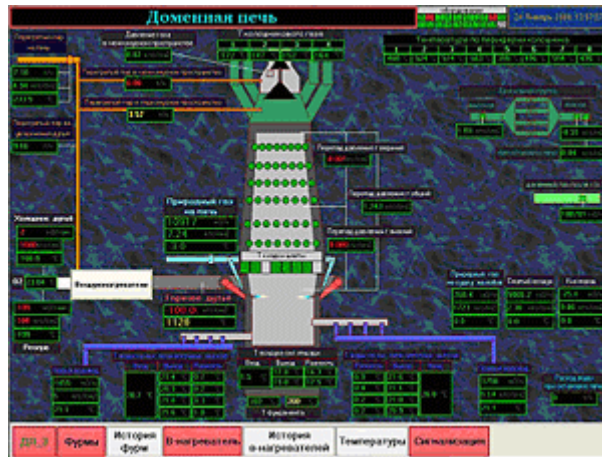


Рисунок 4.12 - Відеокадр завантаження доменної печі



Рисунок 4.13 - Відеокадр звіта тревов

Також при виборі SCADA-системи для автоматизації доменної печі приділялася увага рівню технічної підтримки і ціною на SCADA. Після порівняння ряду провідних SCADA-пакетів за цими параметрами, вибір інженерів металургійного комбінату "Уральська сталь" був зроблений на користь SCADA TRACE MODE 6.

У проєкті АСУ ТП використані наступні продукти SCADA TRACE MODE 6:

- інтегроване середовище розробки TRACE MODE 6;
- Double Force MPB + 6 для резервування сервера проєкту АСУ ТП;
- MPB, де проводилася вся математична обробка даних;
- консолі NetLink Light 6 для роботи операторів;
- глобальний сервер документування для створення і друку звітів.

Продукт Double Force MPB + 6 дозволив реалізувати високонадійну і отказоустойчивую АСУ ТП з наступними функціями:

- автоматична синхронізація даних реального часу між основним і резервним серверами;
- автоматичне перемикання потоків даних на резервний сервер TRACE MODE 6 в разі відмови основного;
- автоматичне визначення статусу сервера "основний" або "резервний" при старті системи і автоматичного вирішення конфліктів статусу при відновленні основного сервера після збою;
- протоколювання всіх збоїв і перемикань на резервні сервери.

На комп'ютери операторів доменного цеху були встановлені графічні консолі NetLink Light 6 мають повноцінну можливість управління АСУ ТП з мінімальними витратами на розробку проекту і загальної вартості. Для створення звітів і збереження їх у вигляді html-файлів і друку на принтері в АСУ ТП доменної печі №3 використовується Глобальний сервер документування TRACE MODE 6.

Входить до складу продукту TRACE MODE Double Force MPB + 6, база даних реального часу SIAD / SQLTM6 дозволяє з високою швидкістю зберігати технологічні параметри з подальшим їх виводом в html-звіти або на тренди.

Мнемосхеми операторських станцій створювалися за допомогою великої бібліотеки графічних елементів в інтегрованому середовищі розробки SCADA TRACE MODE 6. У проекті застосовані компоненти з бібліотеки, які наочно показують витрата природного газу по кожній фурме, що було відзначено високою оцінкою працівників доменного цеху металургійного комбінату "Уральська сталь".

АСУ ТП доменної печі №3 металургійного комбінату "Уральська сталь" забезпечує виконання наступних функцій:

- централізований контроль технологічних параметрів;
- сигналізацію виходу параметрів за встановлені межі;

- автоматизоване управління розподілом газу по фурмам (реалізовано в проєкті, але поки не затребуване технологіями);
- дублювання основних вимірів на вторинних приладах;
- забезпечення робочих місць повної і наочної інформацією про технологічні та облікових параметрах;
- контроль, облік технологічних параметрів доменної печі, повітрянагрівачів їх візуалізація і сигналізація виходу параметрів за встановлені межі;
- формування, зберігання на магнітних носіях і протоколювання параметрів і станів системи;
- друк і передача в мережу звітів по роботі доменної печі;
- можливість дистанційного контролю за ходом процесів керівниками цеху і технічними службами комбінату;
- підвищення технічного рівня виробництва.

Унікальні технології автоматизації праці розробника, такі як автопостроєння, віддалене завантаження, потужні засоби налагодження і редагування проєкту дозволили розробити і впровадити АСУ ТП доменної печі №3 в найкоротші терміни за 3 місяці, що дуже важливо для виробництва і економіки підприємства [14].

4.4 АСУ ТП “Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча” доменної печі №3

Робочий проєкт електричної частини системи завантаження і шихтоподачі (СЗШ) при капремонті 1-го розряду доменної печі №3 відкритого акціонерного товариства “Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча” передбачив: заміну застарілої силової апаратури на сучасну, з застосуванням пристроїв плавного пуску і перетворювачів частоти; заміну існуючих обертових перетворювальних агрегатів (системи ГД) на тиристорні перетворювачі; заміну релейно-контакторної апаратури і командо

апаратів з моторним приводом на програмовані контролери; встановлення кодівих датчиків положення механізмів. Система призначена для автоматизованого управління узгодженою роботою електроприводів СЗШ.

Мета створення системи СЗШ: забезпечення надійної та економічної роботи механізмів; забезпечення обслуговуючого персоналу достовірною інформацією про стан і роботу об'єкта з можливістю оперативного втручання в роботу системи. Проектована система - людино-машинна система, яка здійснює обробку інформації про стан об'єкта, вироблення оптимальних рішень і управління механізмами об'єкта. Основні завдання, які вирішуються системою: видача керуючих впливів на механізми системи; централізований контроль стану технологічного обладнання; формування оперативних повідомлень про хід завантаження доменної печі шихтових матеріалів відповідно до заданої програми і станом обладнання; формування документів, що відображають техніко-економічні показники роботи системи. Відеокадр завантаження печі представлено на рис 4.14.

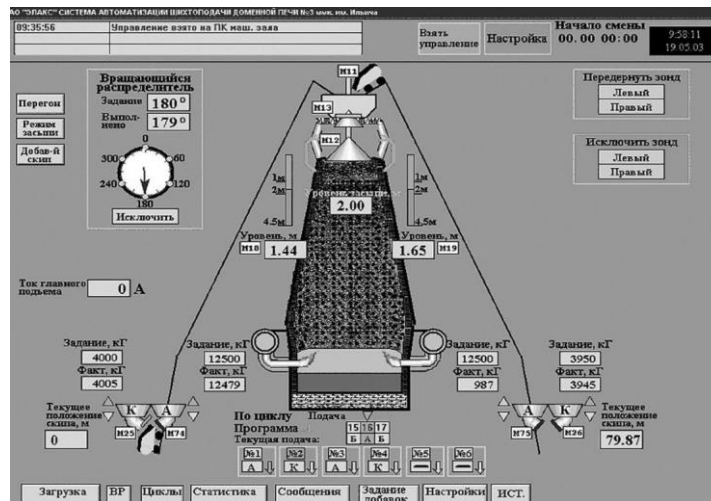


Рисунок 4.14 – Система автоматизації шихтоподачі доменної печі №3

Результати і ефект впровадження: впровадження СЗШ дозволило забезпечити сучасний рівень автоматизованого управління, діагностику роботи і інформаційне забезпечення експлуатаційного персоналу про стан і режимах роботи електроприводів механізмів. Реалізовані наступні локальні задачі управління: автоматична система управління завантаженням шихтових

матеріалів; завдання параметрів завантаження з двох постів управління; завдання режимів роботи механізмів; дистанційне керування механізмами системи завантаження (резервне); місцеве управління механізмами системи завантаження (налагоджувальне); підвищення якості відсіву шихтових матеріалів; зменшення зносу обладнання [15].

4.5 АСУ ТП доменної печі №8 "Дніпровського металургійного комбінату ім. Ф.Е. Дзержинського АО «КОНСТАР»

На "Дніпровському металургійному комбінаті ім. Ф.Е. Дзержинського" в серпні 2008р. при виконанні поточного ремонту доменної печі №8 була проведена модернізація програмного забезпечення і технічних засобів автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУ ТП), функціонуючої на доменній печі №8 з 2004р.

Проведена модернізація АСУ ТП доменної печі №8 дозволила:

- збільшити обсяг контрольованих параметрів доменної печі;
- підвищити оперативність прийняття рішень про необхідності зміни режиму роботи печі;
- підвищити якість чавуну за рахунок точного дотримання технологічного процесу;
- різко скоротити кількість приладів КВПіА в диспетчерській і роботи по їх обслуговуванню.

Аналогічними АСУ ТП оснащені також доменні печі № 9 і № 12 цього меткомбінату.

В якості програмованих контролерів автоматизації застосовані ПЛК К202.

АСУ ТП забезпечує виконання таких функцій:

- зважування і дозування коксу на двох вагових воронках з корекцією завдання по вологості коксу і результатів попереднього циклу дозування; формування аварійного сигналу при перевищенні заданої дози; індикацію

сумарної маси коксу, завантаженої в домну з початку зміни; контроль стану затворів бункерних ваг і грохотів; управління електроприводами механізмів затворів; резервування каналу дозування по кожній воронці;

- контроль рівня і швидкості опускання шихти за допомогою двох оптичних датчиків (енкодерів);

- контроль стану і швидкості руху скіпа по похилому мосту за допомогою оптичного датчика (енкодера), формування аварійної сигналізації при відхиленнях в швидкості руху або при переході точки зупину;

- індикацію положення великого і малого конуса;

- контроль стану і напрямку обертання розподільника шихти (ГРК);

- контроль температур і перепадів температур між вхідної та відходить водою верхньої, нижньої поду (до 64 точок);

- контроль температур і перепадів температур між вхідної та відходить водою горнових і леткових холодильників (до 50 точок);

- контроль температур і перепадів температур між вхідної та відходить водою фурмених холодильників (до 20 точок);

- обчислення витрат природного газу загального і по фурмам, доменного газу, змішаного газу, холодного дуття, пара, води, стисненого повітря, автогенного кисню (до 40 витрат);

- ручне або автоматичне регулювання витрат природного газу, холодного дуття, пара, рівня води в барабані-сепараторі системи випарного охолодження (СВО);

- контроль стану і режимів роботи повітрянагрівачів (дискретні сигнали - до 32 точок, аналогові - до 20 точок) і інших параметрів доменної печі;

- діагностику несправностей технічних засобів АСУ ТП;

- перегляд журналів подій, поточних і архівних трендів за сигналами вимірювань; ведення технологічного документообігу (таблиці, звіти і т.д.);

- видачу інформації в локальну мережу комбінату для її подальшого використання в АСУ ТП комбінату;

- можливість перегляду керівництвом комбінату технологічної інформації по доменній печі № 8 з віддалених робочих місць.

Переваги АСУ ТП:

- забезпечує підвищену точність визначення заданого значення маси при дозуванні коксу;

- автоматичне регулювання значень технологічних параметрів і висока точність обчислення витрат забезпечує економію використовуваних енергоресурсів;

- ПЛК К202 має Сертифікат відповідності, зареєстрований в реєстрі системи сертифікації УкрСЕПРО. Модулі ПЛК К202 мають додаткове захисне покриття;

- вимірювальні канали обчислення витрат мають свідоцтво про Державну метрологічну атестацію, в процесі експлуатації ІК поверяються стандартними технічними засобами вимірювальної техніки;

- забезпечує можливість підключення віддалених клієнтських робочих місць для оперативного контролю з боку керівництва цехів і комбінату за ходом технологічних процесів;

- містить розвинені діагностичні засоби, які забезпечують надійне функціонування і видачу необхідних повідомлень при відхиленні від штатного режиму функціонування;

- програмне забезпечення відкрито для внесення змін і супроводу фахівцями комбінату в процесі експлуатації;

- передбачені кошти захисту від несанкціонованого доступу до програм і їх зміни шляхом використання системи паролів [16].

Приклади відеокadrів данної системи представлено на рис 4.15 та 4.16.

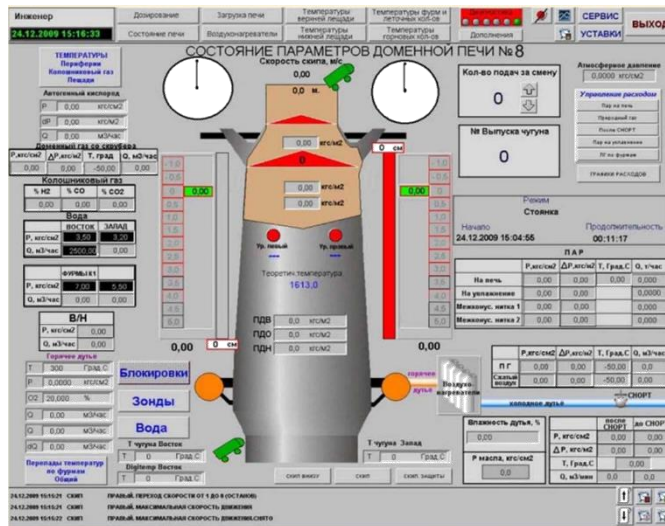


Рисунок 4.15 - Відеокадр доменної печі

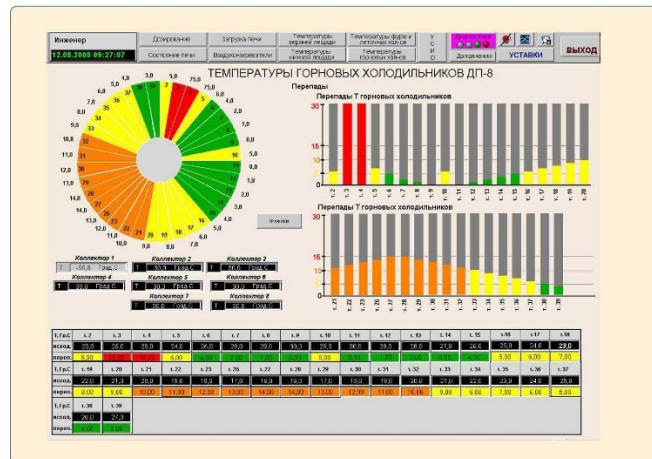


Рисунок 4.16 - Відеокадр горнових холодильників

Сучасна домена піч є організованою керованою інтерактивною системою. Стан цієї системи визначається закономірностями комплексу фізичних процесів, що протікають в доменній печі, особливостями технології, залежної від конкретних паливно-сировинних умов і устаткування доменної печі, що включає системи підготовки шихти, комбінованого дуття, систему відробітку продуктів плавки, і прийнятим способом управління.

У зв'язку з цим при оцінці ефективності доменної плавки доводиться аналізувати не лише процес виплавки чавуну в доменній печі з його комплексом фізичних закономірностей, а також організовану функціональну

систему з системами збору інформації, управління в контурі зворотного зв'язку. При цьому під системою управління розуміються як використовувані технічні засоби контролю і управління з властивими їм метрологічними особливостями, так і технологи (особи, що приймають рішення), що беруть участь в управлінні, цілеспрямовані дії яких забезпечують управління доменним процесом. Таким чином, автоматизований технологічний комплекс доменної печі як об'єкт контролю і управління можна характеризувати наступними ознаками:

- великим об'ємом контрольованих змінних їх розрахункових ознак;
- низькою прозорістю процесів, оскільки відсутня можливість безпосереднього контролю розвитку окремих стадій процесу виплавки чавуну;
- істотним запізнюванням в отриманні інформації про вихідні показники процесу (продуктах плавки), у зв'язку з чим результати безпосереднього контролю часто не дозволяють визначати першопричину розладу ходу печі;
- глибоким взаємозв'язком усіх процесів плавки при обмеженості ресурсів на управління;
- наявністю випадкових вимірювальних перешкод різної природи і характеру, що знижує якість інформації.

Комплексний підхід до обліку усієї сукупності перерахованих ознак диктує необхідність побудови найсучасніших систем, що інформаційно управляються.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Економічний ефект від впровадження засобів автоматизації може бути лише непрямим, оскільки впроваджені засоби автоматизації не є прямим джерелом доходу, а є або допоміжним засобом організації отримання прибутку, або допомагають мінімізувати витрати.

Оцінити економічний ефект від використання програми можна двома способами: простим і складним (більше трудомісткий спосіб, але точніший). Простий спосіб це деяке спрощення складного способу з урахуванням різних "обмовок". Наприклад, якщо матеріальні витрати не міняються після впровадження програми, то їх можна виключити з розрахунку, тим самим його спростивши. Повна оцінка по складному алгоритму, як правило, проводиться кваліфікованими фахівцями за підсумками обстеження бізнес-процесів підприємства. Але якщо необхідно швидко і приблизно оцінити ефективність впровадження засобу автоматизації, то можна в представлені формули підставляти оцінні значення витрат. Звичайно, при використанні оцінок витрат, а не їх фактичних значень, економічний ефект буде порахований не точно, але проте дозволить оцінити вигідність і необхідність автоматизації [21].

Головний економічний ефект від впровадження засобів автоматизації полягає в поліпшенні економічних і господарських показників роботи підприємства, в першу чергу за рахунок підвищення оперативності управління і зниження трудовитрат на реалізацію процесу управління, тобто скорочення витрат на управління. Для більшості підприємств економічний ефект виступає у вигляді економії трудових і фінансових ресурсів, що отримується від :

- зниження трудомісткості розрахунків;
- зниження трудовитрат на пошук і підготовку документів;
- економії на витратних матеріалах (папір, дискети, картриджи);
- скорочення службовців підприємства.

При впровадженні змін в проект керування кутами нахилу лотка відповідно до засипу в печі. В свою чергу це дасть зниження теплового навантаження та прогар футерування печі та холодильників печі.

Критерієм ефективності створення і впровадження нових засобів автоматизації є очікуваний економічний ефект. Він визначається по формулі:

$$E = E_p - E_n * K_n, \quad (5.1)$$

де E_p - річна економія;

E_n - нормативний коефіцієнт ($E_n=0.15$);

K_n - капітальні витрати на проектування і впровадження, включаючи первинну вартість програми.

Річна економія E_p складається з економії експлуатаційних витрат і економії у зв'язку з підвищенням продуктивності праці користувача. Таким чином, отримуємо:

$$E_p = (P1 - P2) + \Delta P_n, \quad (5.2)$$

де $P1$ і $P2$ - відповідно експлуатаційні витрати до і після впровадження програми, що розробляється;

ΔP_n - економія від підвищення продуктивності праці додаткових користувачів.

Капітальні витрати на етапі проектування K_k розраховуються по формулі:

$$K_k = C + Z_n + M_n, \quad (5.3)$$

де C - первинна вартість програмного продукту;

Z_p - заробітна плата фахівців на усіх етапах проектування і впровадження;
 M_p - витрати на використання ЕОМ на етапі проектування і впровадження.

Одним з основних видів витрат на етапі проектування є заробітна плата фахівця, яка розраховується по формулі :

$$Z_n = Z_d * T_n * \left(1 + \frac{A_c}{100}\right) * \left(1 + \frac{A_n}{100}\right); \quad (5.4)$$

де Z_d - денна заробітна плата розробника на етапі проектування;

T_p - кількість днів на розробку;

A_c - відсоток відрахувань на соціальне страхування;

A_n - відсоток премій.

У загальному випадку, витрати на машинний час складаються з витрат на процесорний час (при роботі з об'єктним або абсолютним модулем) і витрат на дисплейний час. Формула для розрахунків має вигляд:

$$M = t_d * C_d + t_p * C_p; \quad (5.5)$$

де C_p і C_d - відповідно до вартості однієї години процесорного і дисплейного часу;

t_d і t_p - відповідно процесорний і дисплейний час, необхідний для вирішення завдання (година).

Витрати на експлуатаційне приладдя визначаються простим підрахунком витрат на їх придбання за гуртовими (чи вільним) цінами.

Оскільки програма розроблена на сучасних швидкодіючих комп'ютерах, то в додатковому процесорному часі необхідності немає, тобто приймаються як $C_p=0$ і $t_p=0$.

При розрахунку Мп слід враховувати час на підготовку початкових текстів програм, їх відладку і рішення контрольних прикладів.

$$E_p = (P1 - P2) + \Delta P_n = 54136800 - 52560000 = 1576800 \text{ грн};$$

$$Z_n = Z_0 * T_n * \left(1 + \frac{A_c}{100}\right) * \left(1 + \frac{A_n}{100}\right) = 4500 * 17 * \left(1 + \frac{20}{100}\right) * \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 110160 \text{ грн};$$

$$M = t_0 * C_0 + t_n * C_n = 136 * 35 = 4760 \text{ грн};$$

$$K_k = C + Z_n + M_n = 1600000 + 110160 + 4760 = 1714920 \text{ грн};$$

$$E = E_p - E_n * K_n = 1576800 - 0,15 * 1714920 = 1339562 \text{ грн}.$$

Термін окупності капітальних витрат (Т) визначаються за формулою:

$$T = \frac{E}{E_{пik}}; \quad (5.6)$$

$$T = \frac{1339562}{1576800} = 0,85 \text{ рік}.$$

Рентабельність капітальних витрат E_p на створення АСУ:

$$E_p = \frac{E_{пik}}{E} = \frac{1576800}{1339562} = 1,17.$$

Результати розрахунку економічної ефективності наведені в табл. 5.1.

Економічний ефект від впровадження засобів автоматизації може бути лише непрямим, оскільки впроваджені засоби автоматизації не є прямим

джерелом доходу, а є або допоміжним засобом організації отримання прибутку, або допомагають мінімізувати витрати.

Головний економічний ефект від впровадження засобів автоматизації полягає в поліпшенні економічних і господарських показників роботи підприємства, в першу чергу за рахунок підвищення оперативності управління і зниження трудовитрат на реалізацію процесу управління, тобто скорочення витрат на управління.

Таблиця 5.1 - Результати розрахунку економічної ефективності

Найменування показника	Од. виміру	Рівень показника
До виробничі витрати на розробку АСУ	грн.	1600000
Капітальні витрати	грн.	1714920
Час роботи КТЗ	годин	8000
Річні витрати на заробітну плату спеціалістів	грн.	1863195
Річна сума амортизаційних відрахувань	грн.	72252,8
Річні експлуатаційні витрати АСУ	грн.	2586355
Річна економія	грн.	1576800
Річний економічний ефект	грн.	1339562
Термін окупності витрат	рік	0,85
Рентабельність капітальних вкладень		1,17

ВИСНОВОК

В даній роботі розкрито проблему газорозподілу на ДП-3 в рамках ПАТ «Запоріжсталь», який в сукупності з нераціональними настройками завантажувального пристрою і періодичними збоями його роботи, провокуючими часті упускання рівня засипу, привели, в тому числі, до інтенсифікації процесу розпал футерування.

Оптимізація розподілу шихти в доменній печі є важливим засобом досягнення високої продуктивності при мінімальній витраті коксу і збільшення тривалості міжремонтних періодів роботи.

Характер розподілу шихтових матеріалів по радіусу колошника доменних печей, оснащених безконусному завантажувальними пристроями (БЗП) лоткового типу, визначається рівнем засипу, видом і масою завантажуються матеріалів, режимом роботи лотка (швидкість і напрям обертання, кути нахилу, програма їх зміни), а також розташуванням компонентів шихти на конвеєрі і в бункерах завантажувального пристрою.

Проведено аналіз існуючих моделей розподілу показав, що в світі найбільш широко поширені моделі контролю і розрахунку радіального розподілу шихти на печах великого обсягу, оснащених БЗП. Відомі моделі радіального розподілу, як правило, жорстко прив'язані до конкретного об'єкта і потребують суттєвої зміни для використання на інших доменних печах. Структура, склад і математичний опис цих моделей істотно відрізняються і через змінюються в залежності від розв'язуваних завдань і використовуваних розробок. Модель розподілу шихтових матеріалів повинна враховувати режим формування багатоконпонентних порцій на шихтоподачі, їх трансформацію при завантаженні в бункери БЗП і вивантаження в доменну піч (ДП), рух частинок в газовому потоці колошникового простору, їх розподіл на поверхні засипу, перерозподіл матеріалів, рух при опусканні стовпа шихти і

формування зони плавлення в доменній печі. Для оптимізації роботи БЗП підібрано більш оптимальну модель для розрахунку кутів нахилу розподільного лотка.

В середовищі Matlab розроблено прикладну програму, для розрахунку кутів нахилу при різних рівнях засипу. В проєкті контролера управляючого роботою БЗП внесені зміни з додаванням нових заданих кутів нахилу.

Під час аналізу техніко-економічних показників приведена загальна сума капіталовкладень для реалізації спроектованої СА, розрахований економічний ефект та економічна ефективність для даної СА. Визначено строк окупності та рентабельність виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павлов М.А. Металлургия чугуна. Москва: Metallurgizdat, 1945. 492с.
2. Большаков В.И. Совершенствование способов загрузки доменных печей в СССР и за рубежом. Москва: Черметинформация, 1983. 32 с.
3. Авдеев В. А., Шайнович О. И., Ясаков Е. И., Марченко В. А. Современные загрузочные устройства доменных печей. Москва: Металлургия, 1994. 64 с.
4. Воскобойников В.Г. Общая металлургия. Москва: ИКЦ «Академкнига», 2005. 768 с.
5. Вегман Е.Ф. Металлургия чугуна. Москва: ИКЦ «Академкнига», 2004. 774с.
6. Кутнер С.М. Эксплуатация доменных печей с бесконусным загрузочным устройством за рубежом. Ин-т Черметинформация. 1978. 25 с.
7. Большаков В.И. Теория и практика загрузки доменных печей. Москва: Металлургия, 1990. 256 с.
8. Каталог продукції KROHNE URL: <https://ua.krohne.com/ru/> (дата звернення: 20.10.2019).
9. Каталог продукції Овен URL: http://www.owen.ru/catalog/izmeritel_regulyator_odnokanal_nij_oven_trm1_termoregulyator/opisanie (дата звернення: 20.10.2019).
10. Каталог продукції Микрол URL: http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=173&category_id=96&option=com_virtuemart&Itemid=71 (дата звернення: 20.10.2019).
11. Каталог продукції Schneider Electric URL : <https://www.schneider-electric.ua/ru/product-range/1440-osicoder/?parent-category-id=4900&filter=business-1-автоматизация-и-промышленный-контроль> (дата звернення: 20.10.2019).

12. Каталог продукції Пневмакс URL: <https://www.pneumax.ru/products/gidravlika/gidromotory/> (дата звернення: 23.10.2019).
13. Новини по реалізованим проектам URL: <http://www.adastra.ru/apps/news/20050214/> (дата звернення: 25.10.2019).
14. Реалізовані проекти на базі Siemens URL : <https://w5.siemens.com/web/ua/ru/iadt/about/references/metals-mining/pages/metals-mining-practice.aspx> (дата звернення: 26.10.2019).
15. Новини релізованих проектів Siemens URL : <http://ao-constar.com.ua> (дата звернення: 26.10.2019).
16. Большаков В. И., Зарембо А. Ю., Сало А. С. Методика расчета параметров схода шихты с распределительного лотка. Вопросы производства чугуна в доменных печах. МЧМ СССР (ИЧМ). Москва.: Металлургия, 1984. 189с
17. Л.Кройц, Х.В.Гуде-нау, Н. Штандиш Влияние на симметрию распределения материалов в доменной печи при применении засыпного аппарата с вращающимся желобом. Черные металлы. 1991. С.26–32.
18. Влияние газового потока на распределение шихты на колошнике доменной печи и их взаимодействие. Тецу–то–хагане. 1978. С. 29–31.
19. А. К.Тараканов та ін. Автоматизированный выбор режима загрузки доменной печи с загрузочным устройством. Сталь. 1986. С. 11–16.
20. В.И. Большаков, Ю.А. Богачев, В.И. Вишняков. Особенности установки лотковых распределителей на доменных печах. Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Дніпропетровськ.: ІЧМ НАН України, 2010. С. 33-37.
21. Поддубний А. Расчет экономического эффекта от внедрения систем автоматизации URL: http://www.antegra.ru/news/experts/_det-experts/4/ (дата звернення: 28.10.2019).

ДОДАТОК А

```

if LVL==0.5
Deg1=asind(1/3.06)
set(handles.edit2, 'String', double(Deg1))
Deg2=asind(1.3/2.82)
set(handles.edit4, 'String', double(Deg2))
Deg3=asind(1.6/3.05)
set(handles.edit5, 'String', double(Deg3))
Deg4=asind(1.8/3.13)
set(handles.edit6, 'String', double(Deg4))
Deg5=asind(2.2/3.57)
set(handles.edit7, 'String', double(Deg5))
Deg6=asind(2.4/3.68)
set(handles.edit8, 'String', double(Deg6))
Deg7=asind(2.7/3.95)
set(handles.edit9, 'String', double(Deg7))
Deg8=asind(2.9/4.07)
set(handles.edit10, 'String', double(Deg8))
Deg9=asind(3.2/4.35)
set(handles.edit11, 'String', double(Deg9))
Deg10=asind(3.4/4.48)
set(handles.edit12, 'String', double(Deg10))
elseif LVL==1.0
Deg1=asind(1/3.34)
set(handles.edit2, 'String', double(Deg1))
Deg2=asind(1.3/3.04)
set(handles.edit4, 'String', double(Deg2))
Deg3=asind(1.6/3.27)
set(handles.edit5, 'String', double(Deg3))
Deg4=asind(1.8/3.34)
set(handles.edit6, 'String', double(Deg4))
Deg5=asind(2.2/3.8)
set(handles.edit7, 'String', double(Deg5))
Deg6=asind(2.4/3.9)
set(handles.edit8, 'String', double(Deg6))
Deg7=asind(2.7/4.2)
set(handles.edit9, 'String', double(Deg7))
Deg8=asind(2.9/4.32)
set(handles.edit10, 'String', double(Deg8))
Deg9=asind(3.2/4.59)
set(handles.edit11, 'String', double(Deg9))
Deg10=asind(3.4/4.71)
set(handles.edit12, 'String', double(Deg10))
elseif LVL==1.5
Deg1=asind(1/3.65)
set(handles.edit2, 'String', double(Deg1))
Deg2=asind(1.3/3.27)
set(handles.edit4, 'String', double(Deg2))
Deg3=asind(1.6/3.5)
set(handles.edit5, 'String', double(Deg3))
Deg4=asind(1.8/3.56)
set(handles.edit6, 'String', double(Deg4))
Deg5=asind(2.2/4.04)
set(handles.edit7, 'String', double(Deg5))
Deg6=asind(2.4/4.15)
set(handles.edit8, 'String', double(Deg6))
Deg7=asind(2.7/4.44)
set(handles.edit9, 'String', double(Deg7))
Deg8=asind(2.9/4.56)
set(handles.edit10, 'String', double(Deg8))
Deg9=asind(3.2/4.84)
set(handles.edit11, 'String', double(Deg9))
Deg10=asind(3.4/4.97)

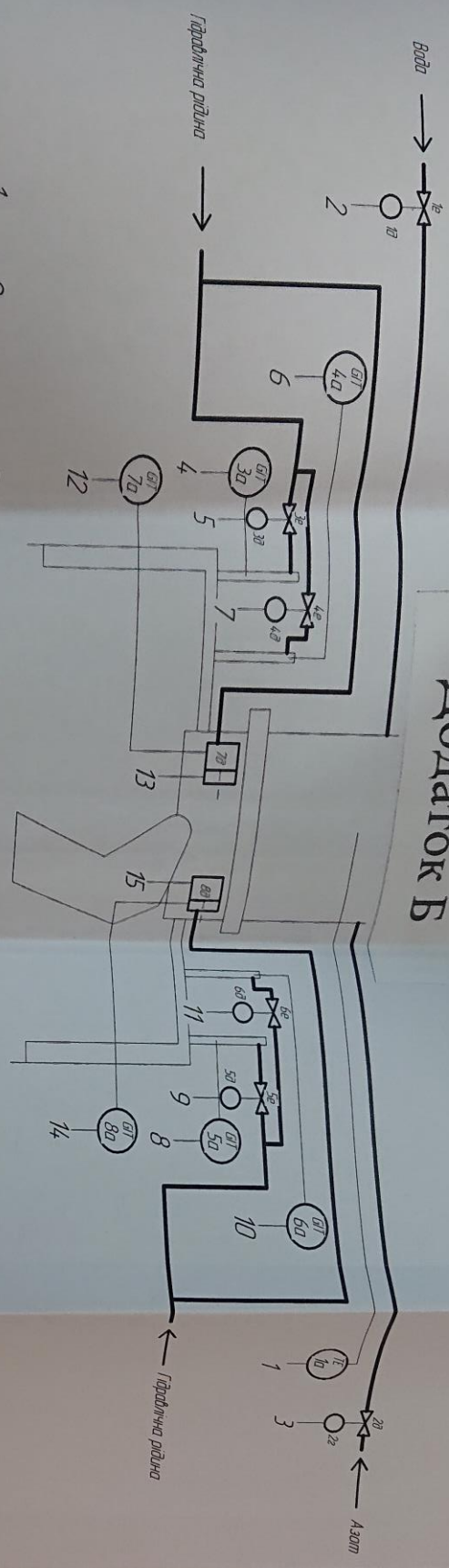
```

```

set(handles.edit12, 'String', double(Deg10))
elseif LVL==2
Deg1=asind(1/4.02)
set(handles.edit2, 'String', double(Deg1))
Deg2=asind(1.3/3.53)
set(handles.edit4, 'String', double(Deg2))
Deg3=asind(1.6/3.74)
set(handles.edit5, 'String', double(Deg3))
Deg4=asind(1.8/3.81)
set(handles.edit6, 'String', double(Deg4))
Deg5=asind(2.2/4.30)
set(handles.edit7, 'String', double(Deg5))
Deg6=asind(2.4/4.41)
set(handles.edit8, 'String', double(Deg6))
Deg7=asind(2.7/4.7)
set(handles.edit9, 'String', double(Deg7))
Deg8=asind(2.9/4.82)
set(handles.edit10, 'String', double(Deg8))
Deg9=asind(3.2/5.11)
set(handles.edit11, 'String', double(Deg9))
Deg10=asind(3.4/5.24)
set(handles.edit12, 'String', double(Deg10))
elseif LVL==2.5
Deg1=asind(1/4.45)
set(handles.edit2, 'String', double(Deg1))
Deg2=asind(1.3/3.82)
set(handles.edit4, 'String', double(Deg2))
Deg3=asind(1.6/4.01)
set(handles.edit5, 'String', double(Deg3))
Deg4=asind(1.8/4.06)
set(handles.edit6, 'String', double(Deg4))
Deg5=asind(2.2/4.57)
set(handles.edit7, 'String', double(Deg5))
Deg6=asind(2.4/4.67)
set(handles.edit8, 'String', double(Deg6))
Deg7=asind(2.7/4.97)
set(handles.edit9, 'String', double(Deg7))
Deg8=asind(2.9/5.08)
set(handles.edit10, 'String', double(Deg8))
Deg9=asind(3.2/5.38)
set(handles.edit11, 'String', double(Deg9))
Deg10=asind(3.4/5.51)
set(handles.edit12, 'String', double(Deg10))
elseif LVL==3
Deg1=asind(1/4.93)
set(handles.edit2, 'String', double(Deg1))
Deg2=asind(1.3/4.12)
set(handles.edit4, 'String', double(Deg2))
Deg3=asind(1.6/4.29)
set(handles.edit5, 'String', double(Deg3))
Deg4=asind(1.8/4.32)
set(handles.edit6, 'String', double(Deg4))
Deg5=asind(2.2/4.85)
set(handles.edit7, 'String', double(Deg5))
Deg6=asind(2.4/4.93)
set(handles.edit8, 'String', double(Deg6))
Deg7=asind(2.7/5.23)
set(handles.edit9, 'String', double(Deg7))
Deg8=asind(2.9/5.34)
set(handles.edit10, 'String', double(Deg8))
Deg9=asind(3.2/5.65)
set(handles.edit11, 'String', double(Deg9))
Deg10=asind(3.4/5.77)

```

Додаток Б



Цилиндр АСУ БЗП	Подача води на охолодження редуктора	Аварійна подача азоту на охолодження редуктора	Подача гідроліки на циліндр А	Подача гідроліки на циліндр В	Подача гідроліки на циліндр С	Подача гідроліки на циліндр D	Подача гідроліки на циліндр А	Подача гідроліки на циліндр В
1	11	12	13	14	15	16	17	18
2	19	20	21	22	23	24	25	26
3	27	28	29	30	31	32	33	34
4	35	36	37	38	39	40	41	42
5	43	44	45	46	47	48	49	50
6	51	52	53	54	55	56	57	58
7	59	60	61	62	63	64	65	66
8	67	68	69	70	71	72	73	74
9	75	76	77	78	79	80	81	82
10	83	84	85	86	87	88	89	90
11	91	92	93	94	95	96	97	98
12	99	100	101	102	103	104	105	106
13	107	108	109	110	111	112	113	114
14	115	116	117	118	119	120	121	122
15	123	124	125	126	127	128	129	130

Умк. Висп.	№ док.им.	Підп.	Дата
Розроб.	Каченко Н.В.	1.11.17	27.11.17
Проєкт.	Борисенко О.М.		
Констр.	Борисенко О.М.		
Начальн.	Диченко І.А.		
Техн.	Лавров М.В.		

Здійснені всі етапи укладання проекту редукції шлангових матеріалів по діаметру доменної печі для умов ПАТ "Західсталь".

Функціональний список матеріалів

ЗНУ ІІ ФМ Д11801467.002.ФСА

Лист 1-1

Місцева

ЗНУ ІІ КСД.4.1717

ЗДАКТ-18-1м2